



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра морские информационные системы

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

На тему Обоснование способа информационного обеспечения
в труднодоступных районах Арктики (мелководных, едомных толщ,
невыобразованных островов)

Исполнитель Ананьева Анна Андреевна
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель кандидат физико-математических наук, доцент
(ученая степень, ученое звание)

Сарез Виталий Иванович
(фамилия, имя, отчество)

«Защита допускаю»

Заведующий кафедрой


(подпись)

Земл. техн. науки, доц
(ученая степень, ученое звание)

Забередин Вадим Николаевич
(фамилия, имя, отчество)

2018 г.

Санкт-Петербург 2018



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования**

**«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»**

Кафедра морские информационные системы

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

**На тему Обоснование способа информационного обеспечения
в труднодоступных районах Арктики (мелководных, едомных толщ,
новообразованных островов)**

Исполнитель Ананьева Анна Андреевна
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель кандидат физико–математических наук, доцент
(ученая степень, ученое звание)

Сычев Виталий Иванович
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»

Заведующий кафедрой

(подпись)

(ученая степень, ученое звание)

(фамилия, имя, отчество)

«___» _____ 2018 г.

Санкт–Петербург 2018

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
ГЛАВА 1 ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ И СПУТНИКОВЫЕ СИСТЕМЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ДЛЯ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛИ РАБОТЫ	5
Выводы	16
ГЛАВА 2 ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ ДЛЯ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ СПУТНИКОВОЙ ИНФОРМАЦИИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ В ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ	18
Выводы	25
ГЛАВА 3 ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ РЕАЛИЗАЦИИ ЗАДАЧИ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ	26
Выводы	38
ГЛАВА 4 ОПИСАНИЕ АЛГОРИТМА ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТРУДНОДОСТУПНОГО РАЙОНА АРКТИКИ (НА ПРИМЕРЕ ОСТРОВА КОТЕЛЬНЫЙ) С ПОМОЩЬЮ СПУТНИКОВ LANDSAT-8 И SENTINEL-2	39
Выводы	55
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	56
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	59

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в России начался новый этап освоения Арктики и ее природных богатств. Долгое время после открытия морей и шельфов, после океанографических изысканий, Арктику рассматривали исключительно как транспортный центр и использовали для промысловой добычи рыбы и морских животных. Препятствовал суровый климат и отсутствие оборудования, которое способно работать в таких условиях.

На основании представленной информации был сформирован перечень проектов, реализуемых или запланированных к реализации на территории Арктической зоны Российской Федерации, состоящий из 145 проектов. Были представлены проекты по следующим направлениям:

- добыча и переработка полезных ископаемых – 38,9%;
- транспорт – 18%;
- добыча и переработка алмазов – более 15%;
- геологоразведка – 7% и др.

Размеры Арктики приблизительно составляют 27 млн. км². Только по оценке прогноза экспертов более 30% мировых запасов природного газа находятся в этом районе и около 13% запасов нефти. Принимая во внимание вышеприведенные результаты можно отметить, что основным пунктом развития Арктической зоны Российской Федерации является добыча и переработка полезных ископаемых.

На сегодняшний день освоено лишь чуть больше 10% данной территории шельфа России. С 2012 года началась комплексная работа по разведке арктического шельфа и поиску минеральных ресурсов, данная программа рассчитана на долгий период, до 2030 года.[1]

Биологические ресурсы Арктики не менее богаты: пятая часть общемировых запасов пресной воды и несколько самых крупных рек Земли расположены именно здесь. Бескрайние просторы Крайнего севера – одно из последних мест дикой природе Земли, которая еще сохранилась в своем естествен-

ном виде. В таком месте водятся уникальные представители сотен видов флоры и фауны, которых нет больше нигде в мире. Миллионы перелётных птиц устремляются в Арктику в период размножения. При том, как в Северном Ледовитом океане живут многие виды морских млекопитающих. В арктических морях обитают крупнейшие популяции промысловых рыб – лосося, трески и минтая. По тундре кочуют несколько десятков многочисленных стад карibu и северных оленей, с которыми тесно связана жизнь коренных северных народов.

Так же кроме поиска ресурсов Россия начала восстановление на Новосибирских островах своей военной базы и аэродрома Темп, главной задачей которой будет обеспечение безопасности Северного морского пути. База была закрыта 20 лет назад, но сейчас туда прибыла группа военнослужащих, ведущая работы по возрождению объекта.

Объектом исследования в выпускной работе представлен Арктический регион, а в частности остров Котельный.

Предметом исследования является информационное обеспечение навигации в одном из труднодоступных районов Арктики.

Целью выпускной квалификационной работы является разработка алгоритма информационного обеспечения пользователя на примере района острова Котельный с помощью спутников Landsat-8 и Sentinel-2.

Решаемые задачи:

1. Проанализировать исходные данные и спутниковые системы, используемые для достижения цели работы.
2. Рассмотреть основные методы для преобразования спутниковой информации при использовании в информационных системах.
3. Проанализировать последовательность реализации задачи информационного обеспечения.
4. Описать алгоритм информационного обеспечения труднодоступного района Арктики (на примере острова Котельный) с помощью спутников Landsat-8 и Sentinel-2.

1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ И СПУТНИКОВЫЕ СИСТЕМЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ДЛЯ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛИ РАБОТЫ

Географическое положение. Котельный – самый большой остров в архипелаге Новосибирских островов, в группе островов Анжу (рисунок 1).



Рисунок 1 – Наложение снимка со спутника Landsat-8 в программе Google Earth по данным Геологической службы США USGS «(U.S. Geological Survey)» 12.10.2017г.

Координаты острова равны примерно $75^{\circ}27'31''$ с. ш. $140^{\circ}50'35''$ в. д. Площадь – 23200 км^2 . Высшая точка острова – гора Малакатын–Тас 361 м. Открыт в 1773 году русским купцом Иваном Ляховым. Остров входит в состав природного резервата Лена–Дельта (охранную зону Государственного природного заповедника «Усть–Ленский»). Земля Бунге, соединяясь с полуостровом Фадеевский, в западной части острова Котельный, образуют единый массив. На многих картах XX века острова Котельный, Фаддеевский и Земля Бунге значатся как отдельные. Западная часть острова омывается морем Лаптевых. Остров Котельный является естественным рубежом, ограничивающим это море с востока и отделяющим от Восточно–Сибирского моря (от мыса Анисий на крайнем севере острова, до мыса Медвежий на крайнем юге). Со

всех других сторон, остров омывается Восточно–Сибирским морем. Также располагается строящийся военный аэродром на западной оконечности острова Котельный. Темп – первоначально полярная станция, затем аэропорт Гражданской авиации. Кроме Темпа на острове Котельном есть две или три полярные станции, но они даже не имеют с Темпом прямой радиосвязи, а только через Тикси.

История открытия острова Котельный. К приходу русских остров был необитаемым, хотя на нем были следы посещения народа юкагиров (жерди юрты, полозья). Остров открыт промышленником Иваном Ляховым в 1773 году. Когда Ляхов рассказал по возвращении о своём открытии, то на обследование острова вскоре двинулся землемер Хвойнов. На берегу острова он увидел медный котёл, оставленный спутниками Ляхова. Хвойнов обмерил остров, описал его и назвал Котельным.[2]

В 1805 году приказчик купца Сыроватского, начальник промышленной артели, мещанин Санников, желая расширить промыслы своего хозяина, отправился на восток от Котельного острова и открыл Фаддеевский остров.

В 1809 году Геденштром, прибывший на остров Фаддеевский с землемером Кожиным и мещанином Санниковым, поручил первому описать остров Фаддеевский, а второму –исследовать пролив между Фаддеевским и Котельным; сам же он отправился на остров Новая Сибирь. Кожин описал западный, южный и восточный берега острова Фаддеевского; Санников пересёк пролив во многих местах, найдя его ширину от 7 до 30 вёрст. Другими участниками экспедиции были геодезист Пшеницын и унтер–офицер Решетников.

В 1811 году Санников вновь объехал Фаддеевский остров и исследовал впадающие в море речки, причём пространство между Котельным и Фаддеевскими островами, считавшееся проливом, оказалось заливом, а острова Котельный и Фаддеевский составляли единый массив суши.

В 1822 году капитан Пётр Анжу исследовал западную и северо–восточную части полуострова Фаддеевский. На острове находится могила

доктора Германа Эдуардовича Вальтера – участника Русской полярной экспедиции (1900—1902) под руководством Эдуарда Толля. Её участники искали легендарную Землю Санникова. Перезахоронение останков состоялось 29 июля 2011 года.[3]

Задачи дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). Дистанционное зондирование Земли – это наука и совокупность технологий, которые получают, обрабатывают и интерпретируют информацию о различных объектах земной поверхности без прямого физического контакта с этой поверхностью, посредством фиксирования отраженной солнечной энергии и излученной тепловой энергии (электромагнитного излучения) от земной поверхности, реализующегося сенсорами, которые располагаются на орбитальных спутниках планеты (рисунок 2).[4]

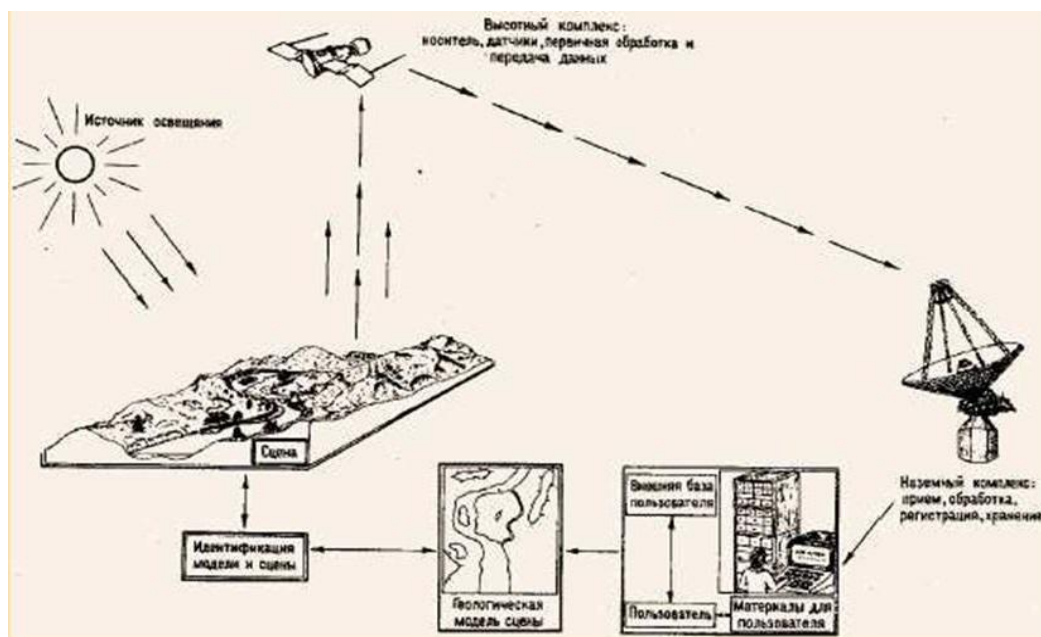


Рисунок 2 – Общий принцип дистанционного зондирования Земли

Обработка спутниковых снимков способна выявлять различные характеристики земной поверхности, такие как:

- определение преобладающего минерального состава открытых горных пород;
- выявление плотности и степени разрушения растительного покрова;
- преобладающего видового состава и плотности насаждений лесов;
- создания карт температуры воздуха, земной поверхности и поверхности водных объектов;
- определения влажности и минерального состава почвы;
- выявления пятен антропогенных загрязнений на суше и море;
- определение территорий с лесными пожарами, гарями, нелегальными вырубками и многое другое.

Оптико–электронные спутниковые системы дистанционного зондирования Земли позволяют получать пространственную информацию о земной поверхности в видимом и инфракрасном диапазонах длин электромагнитных волн. Они способны распознавать пассивное отраженное излучение земной поверхности в видимом и ближнем инфракрасном диапазонах.[5]

Спутниковая система дистанционного зондирования Земли Landsat–8 была запущена 11 февраля 2013 года со стартовой площадки Ванденберг, а масса спутника с аппаратурой составляет около 2623кг. Высота орбиты спутника 705км с наклоном $98,2^\circ$. Этот спутник эксплуатируется геологической службой Соединенных Штатов Америки и рассчитан на 5 лет. Каждый день спутник снимает примерно 400 сцен. Данные сцен появляются через 24 часа после обработки и располагаются в центре данных Геологической службы США (USGS).[6]

Общая характеристика спутника Landsat-8. Решаемые задачи Landsat-8:

- создание и обновление топографических карт с масштабом до 1:200 000
- помощь в поиске перспективных площадей под поисковые работы на нефть и газ
- помощь в поиске перспективных площадей под поисковые работы на рудные и нерудные полезные ископаемые
- контроль лесопользования и мониторинг состояния лесов, сельскохозяйственное картографирование на уровне регионов, мониторинг состояния посевов, прогнозы урожайности
- автоматизированное создание карт растительности, ландшафтов и природопользования
- мониторинг и прогнозирование процессов заболачивания и опустынивания, засоления, степных пожаров и паводков

Технические характеристики бортовой аппаратуры Landsat-8 (рисунок 3)

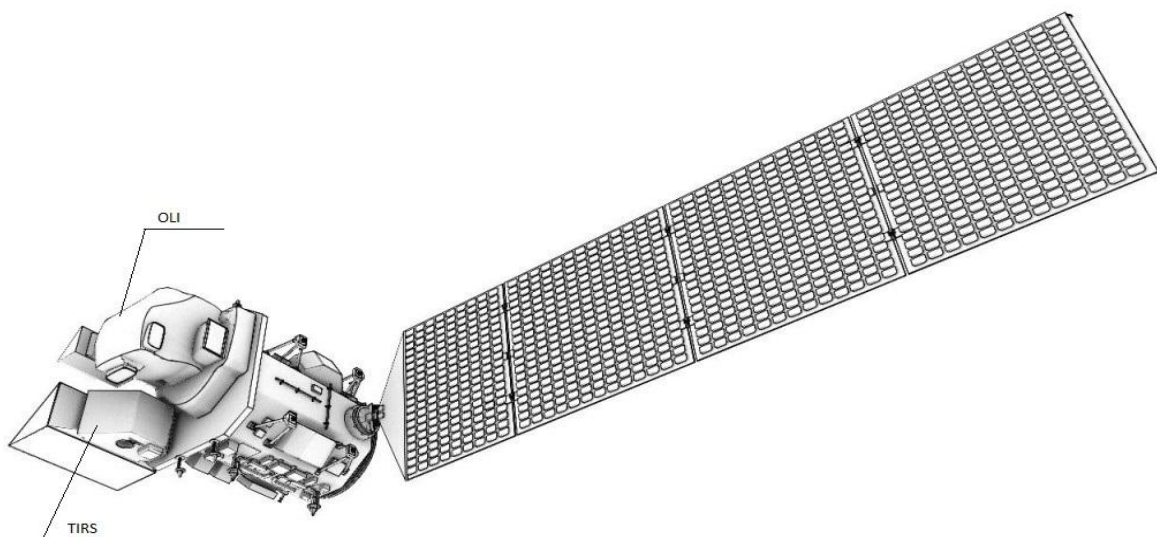


Рисунок 3 – Основные части спутника Landsat-8

На борту космического аппарата установлен многоканальный сканирующий радиометр OLI (Operational Land Imager) (рисунок 4), позволяющий

получать изображения земной поверхности с максимальным разрешением 15м с использованием усовершенствованных технологий космической съемки.

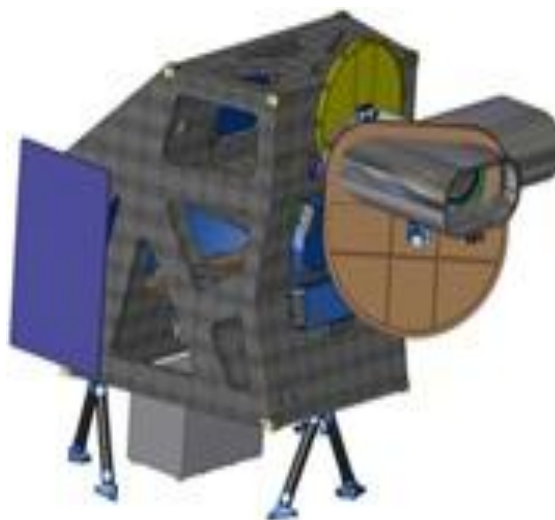


Рисунок 4 – Устройство OLI

OLI работает в 9 спектральных диапазонах, и 7 из этих диапазонов очень близки к тем, которые раньше использовались в инструментах Thematic Mapper (Камера для картографирования) с предыдущих спутников Landsat, и благодаря этому мы получаем совместимость с накопленными данными Landsat предыдущего поколения. Добавлено два новых диапазона, канал 1 (темно–синий и фиолетовый) для изучения прибрежных вод и аэрозолей и канал 9 (ближний инфракрасный) для упрощения поиска облаков на снимках.

Инструмент Thermal InfraRed Sensor (TIRS) был создан в центре НАСА (Национальное управление по аэронавтике и исследованию космического пространства), а изначально его целью было получение снимков в дальнем инфракрасном диапазоне (рисунок 5).

В фокальной плоскости TIRS установлены фотодатчики Quantum Well Infrared Photodetector (QWIP) с полупроводниками из GaAs (Арсенид галлия). Инструмент TIRS использует тот же принцип получения изображений pushbroom (в схеме pushbroom используются длинные линейные массивы фо-

тодатчиков, снимающие сразу всю ширину поля зрения спутника — 185 километров), что и OLI, и также имеет полосу обзора в 185 километров. Получение изображений происходит в двух каналах, 10 и 11, которые, совместно, работают в том же диапазоне, что и канал TIR на более ранних спутниках программы Landsat. Из-за того, что решение о добавлении TIRS в состав Landsat-8 принималось относительно поздно и для упрощения проектирования, TIRS имеет запланированное время работы 3 года.[7]

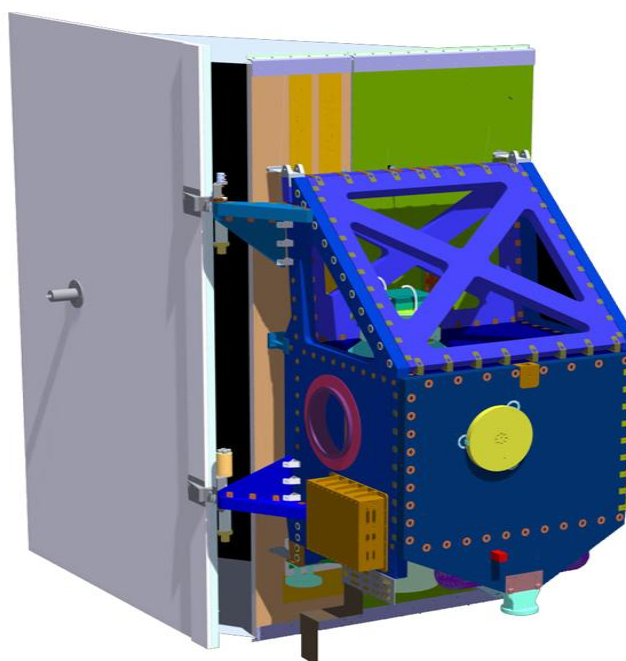


Рисунок 5 – Устройство Thermal Infrared Sensor

Фокальная сборка TIRS, состоящая из 3 модулей, охлаждается до 43 кельвинов при помощи криогенератора, работающего по циклу Стирлинга.

Инфракрасный телескоп TIRS использует 4 линзы, изготовленные из германия и селенида цинка. Телескоп охлаждается до 185 кельвинов за счет излучения тепла со специального радиатора.[8]

Таблица 1.1 OLI – Основные характеристики многоканального радиометра OLI (Operation Land Imager)

№ канала	Спектральный диапазон, (мкм)	Разрешение, (м)	Динамический диапазон, бит/пиксель	Размер сцены, длина x ширина, (км)	Повторяемость съемки одной территории
1.	0,43-0,45	30	16	170 x 185	16 суток
2.	0,45-0,51				
3.	0,53-0,59				
4.	0,64-0,67				
5.	0,85-0,88				
6.	1,57-1,65				
7.	2,11-2,29				
8.	0,50-0,68	15			
9.	1,36-1,38	30			

Таблица 1.2 TIRS – Основные характеристики инфракрасного – радиометра TIRS (Thermal Infrared Sensor)

№ канала	Спектральный диапазон, (мкм)	Разрешение, (м)	Динамический диапазон, бит/пиксель	Размер сцены, длина x ширина, (км)	Повторяемость съемки одной территории
10.	10,6-11,19	100	16	170 x 185	16 суток
11.	11,5-12,51				

На рисунке 6 представлены спектральные диапазоны спутников Landsat. Спектральный диапазон определяется как верхний и нижний предел длины волны при достижении спектральной чувствительности 50% от пика чувствительности.[9]

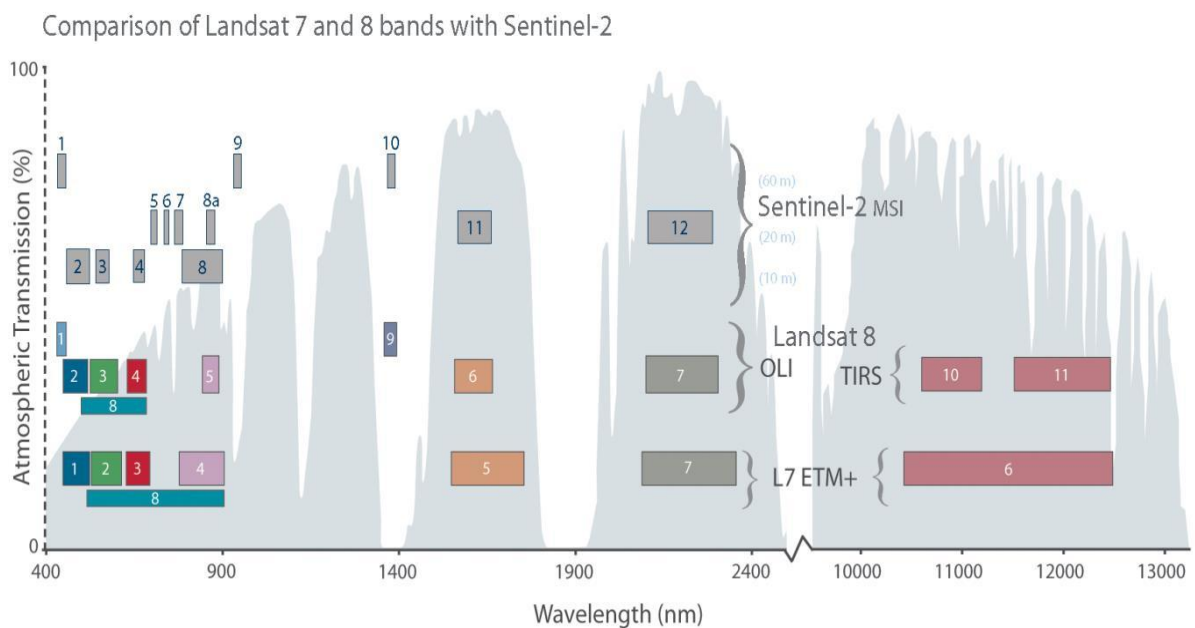


Рисунок 6 – Спектральные диапазоны спутников Landsat–7, Landsat–8 и Sentinel–2

atmospheric transmission – прозрачность атмосферы в процентах, **wavelength**– длина ВОЛНЫ в нм

Используемые диапазоны. Диапазон 1 причисляется к темно–синим и фиолетовым спектрам. Синий трудно различим из космоса, это происходит по причине того, что он хорошо рассеивается на пыли и частичках воды в воздухе.

Диапазоны 2, 3 и 4 представляют собой видимые синий, зеленый и так же красный спектры.

Диапазон 5 измеряет ближний инфракрасный спектр. Данный диапазон важен для людей, которые занимаются экологией, так как вода, содержащаяся в листьях здоровых растений, имеет эффект отражения. Используя эти данные, можно узнавать состояние растений и делать сравнение с другими диапазонами. После выполненных операций специалисты получают так называемый индекс растительности. Это простой показатель активных биомасс под влиянием фотосинтеза, этот показатель наглядно позволяет узнать состояние здоровья растений.

Диапазоны 6 и 7 покрывают разные участки коротковолнового инфракрасного диапазона. Они помогают отличать сухую землю от влажной, а также скалы и почвы, которые выглядят очень похоже, в других диапазонах, но отличаются в инфракрасном диапазоне.

Диапазон 8 – панхроматический. Он воспринимает больше света и дает самую четкую картинку среди всех диапазонов. Его разрешение составляет 15 метров.

Диапазон 9 – это одна из самых интересных особенностей Landsat-8. Он покрывает очень узкую полосу длин волн, которая составляет 1370 нанометров. Немногие из космических инструментов регистрируют эту область спектра, так как она почти полностью поглощается атмосферой. Поскольку земля в этом диапазоне едва различима, значит все, что в нем ярко видно это либо объект который отражает очень хорошо, либо находится вне атмосферы. В Диапазоне 9 видны только облака, которые представляют реальную проблему для спутниковых снимков, так как из-за размытых краев плохо различимы в обычных диапазонах, а снимки, сделанные сквозь них, могут иметь расхождение с другими. С помощью Диапазона 9 это легко отследить.

Диапазоны 10 и 11 – это тепловое инфракрасное излучение. Вместо измерения температуры воздуха, как это делают погодные станции, они измеряют температуру поверхности.[10]

Общая характеристика спутника Sentinel-2. На рисунке 7 представлен спутник Sentinel-2.

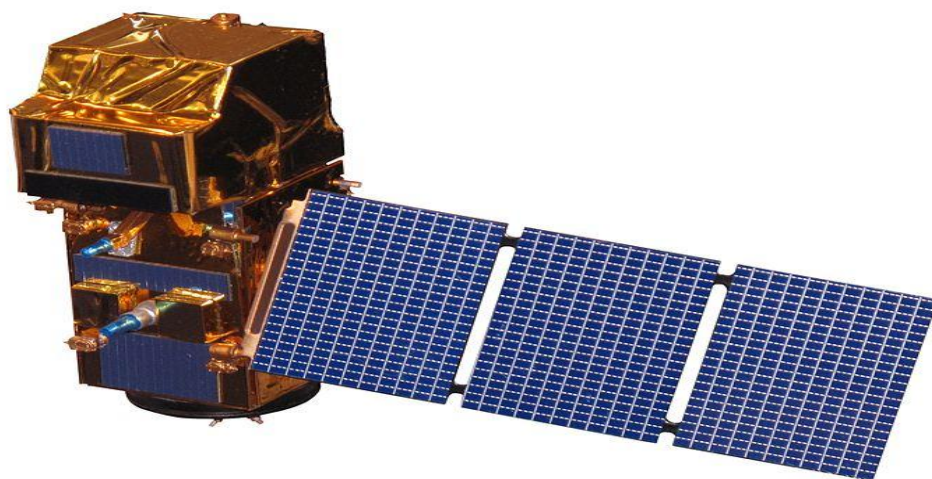


Рисунок 7– Спутник Sentinel–2

Данное семейство спутников дистанционного зондирования Земли Европейского космического агентства ЕКА (European Space Agency), созданное в рамках проекта глобального мониторинга окружающей среды и безопасности «Коперник». Спутники предназначены для мониторинга использования земель, растительности, лесных и водных ресурсов, также могут применяться при ликвидации последствий стихийных бедствий.

Съемка ведется в тринадцати спектральных каналах с пространственным разрешением 10, 20 или 60 м. Данные со спутника становятся доступными через сервис поиска и загрузки на портале ESA спустя несколько часов после съемки.[11]

Sentinel–2 имеет инструмент мультиспектральной съемки (MSI), который получает данные в каналах спектра от видимого и ближнего инфракрасного спектра до коротковолнового инфракрасного спектра в трех разрешениях:

- 4 канала с разрешением 10 метров
- 6 каналов с разрешением 20 метров
- 3 канала с разрешением 60 метров [12]

Таблица 2 – Основные характеристики спутника Sentinel–2 [13]

Даты запуска спутников: 2013 г. (Sentinel–2A), 2015 г. (Sentinel–2B)		
Стартовая площадка: космодром Куру (Франция)		
Средство выведения: РН «Рокот» (Россия)		
Разработчик: EADS Astrium Satellites (Франция)		
Оператор: Европейское космическое агентство		
Масса, кг	1100	
Орбита	Тип	Солнечно–синхронная
	Высота, км	785
Расчетный срок функционирования, лет	7	

Таблица 3 – Основные технические характеристики съемочной аппаратуры Sentinel–2

Режим съемки	VNIR										SWIR		
	1	2	3	4	5	6	7	8	8a	9	10	11	12
Спектральные каналы													
Спектральный диапазон, мкм	0,44	0,49	0,56	0,66	0,70	0,74	0,78	0,84	0,86	0,94	1,38	1,61	2,19
Пространственное разрешение (в надире), м	60	10	10	10	20	20	20	10	20	60	60	20	20
Ширина полосы съемки, км	290												
Периодичность съемки, сутки	От 5 (на экваторе) до 2–3 (в средних широтах)												

Выводы

Остров Котельный, до последнего времени, оставался практически неисследованным, как и его геологическое строение. В данной теоретической части было описано географическое местоположение острова Котельный, методом наложения снимка спутника Landsat 8 данных Геологической службы США USGS «(U.S.Geological Survey)», что дало нам представление о каком конкретно районе пойдет речь.

Так же указаны такие характеристики как площадь и доступность острова, что указывает нам на трудность получения информации в данном районе Арктики и условия, с которыми приходится иметь дело людям, находящимся там. После была описана история открытия острова. Исходя из данной информации, можно понять, что появление там людей было редкостью, и актуальность обеспечения информацией возросла только к недавнему времени в связи началом там строительных работ по восстановлению военной базы и аэродрома Темп. Также были рассмотрены характеристики спутников Landsat-8 и Sentinel-2 с используемыми диапазонами, которые предоставляют подробную информацию о снимках.

2. ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ ДЛЯ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ СПУТНИКОВОЙ ИНФОРМАЦИИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ В ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

Организация доступа к данным через портал EarthExplorer. Данный ресурс принадлежит геологической службе США USGS (United States Geological Survey), где хранятся архивные изображения, полученные со спутников. Они используются для изучения динамики изменения снежного покрова и льда на планете, а также тех научных данных, представляется естественной, представляющих угрозу жизни.

Для работы со снимками нужно зайти на сам портал EarthExplorer, где нужно сделать запрос на получение снимков.

Чтобы получить снимки, нужно пройти регистрацию на сайте и выбрать место, откуда нужно получить данные. В моем случае это остров Котельный, на котором стоит красная метка (рисунок 8).

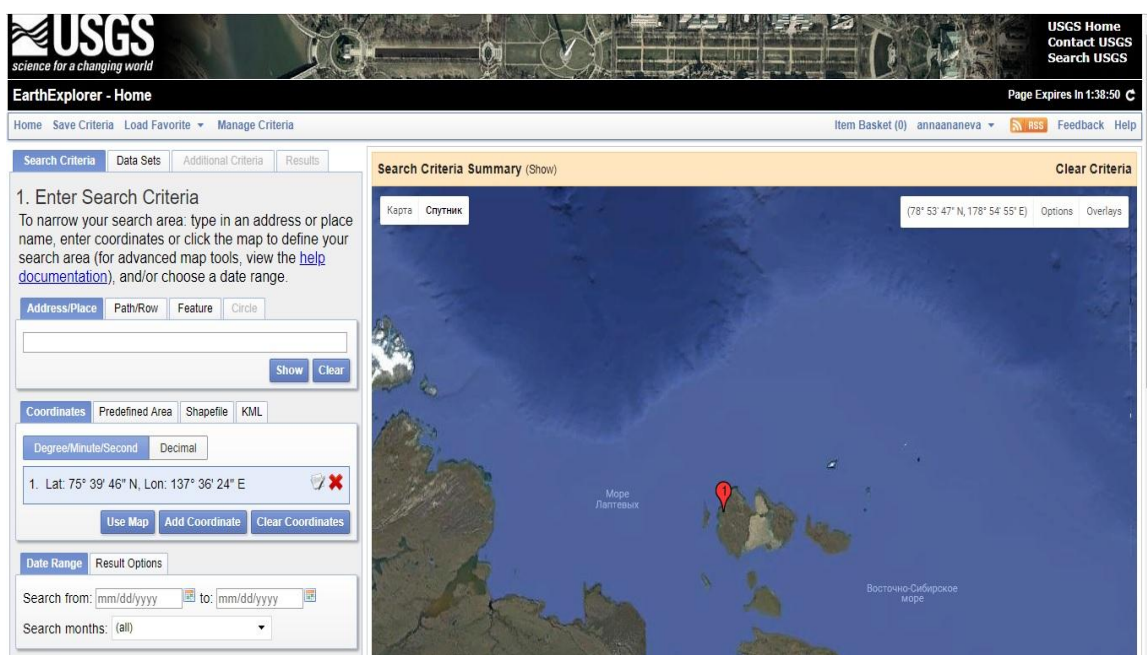


Рисунок 8 – Пример работы на сайте EarthExplorer

Слева мы можем увидеть поле, в котором мы можем воспользоваться некоторыми из функций.

Address/Place – в это поле могут быть внесены в качестве координаты точки, а также наименование объекта, для поиска (страна, город, улица или название любого другого природного объекта).

Path/Row – инструмент, позволяющий найти координаты интересующего объекта зная значения его ряда и колонки.

Feature – инструмент, позволяющий найти координаты интересующего объекта по таким критериям как: Страна, класс объекта (растительность, населенные пункты, административные объекты, и другие) и в соответствии 16 с каждым классом объекта, можно выбрать конкретную особенность данного класса. Следующим нашим шагом мы переходим на вкладку DataSets для того чтобы получить архивные снимки, нужно выбрать интересующий спутник (рисунок 9).

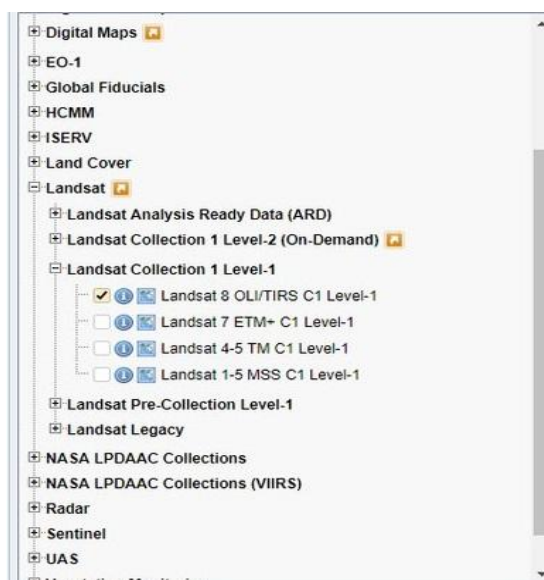


Рисунок 9 – Пример выбора набора данных поиска

Вкладка AdditionalCriteria – содержит дополнительные критерии поиска такие как: количество облачности в процентах, станция которой были идентифицированы данные со спутника, время суток (день/ночь), возможность просмотра изображения, интервалы значений схемы разделения на графы системы Worldwide Reference System (WRS) (рисунок 10).

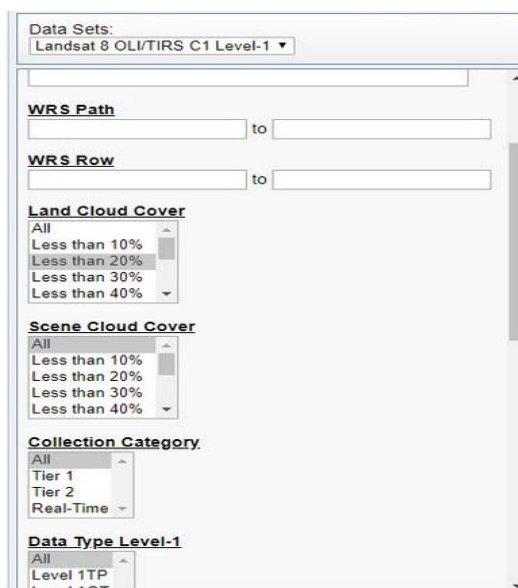


Рисунок 10 – Пример выбора дополнительных критериев

Нажимаем Results. Результаты поиска выводятся во вкладке, показанной на рисунке 11. Напротив каждого снимка стоит панель инструментов, позволяющая показывать след снимка на карте, накладывать снимок на карту, показывать метаданные и скачать снимок, выбрав один из вариантов загрузки. Так же можно добавить снимок в библиотеку для «массового» скачивания и исключить снимок из глобального поиска. На рисунке 12 представлена вкладка отображения результатов поиска в системе EarthExplorer.

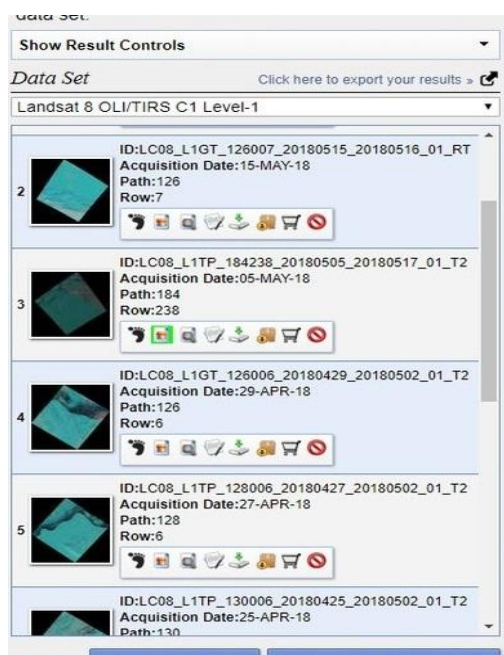


Рисунок 11 – Пример отображения результатов поиска

В данной вкладке (рисунок 11) выводятся результаты поиска. Напротив каждого снимка располагается небольшая панель инструментов, позволяющая: показать след снимка на карте, наложить снимок на карту, показать метаданные снимка, скачать Рисунок предварительно выбрав один из вариантов загрузки, добавить снимок в библиотеку для «массового» скачивания, исключить снимок из результатов поиска. Возможность скачивания файлов предоставляется только после регистрации на портале.

После чего в открывшемся окне необходимо выбрать последний пункт, размер каждого снимка составляет около 1 Гб.[14]

На рисунке 12 показана область исследования.

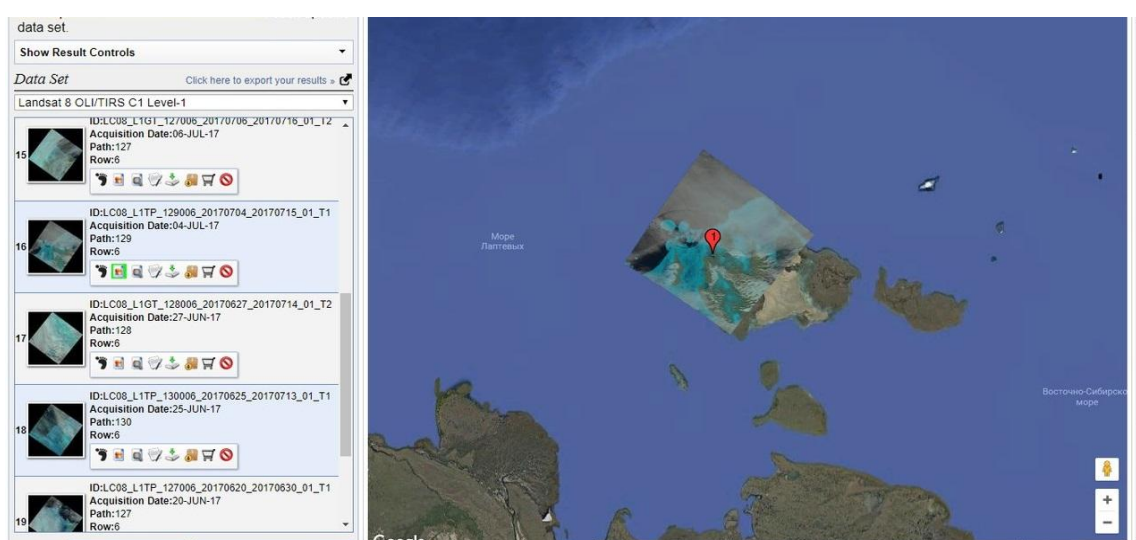


Рисунок 12 – Архивные данные на выбранной области
остров Котельный

Общая информация о программах ЮНЕСКО БИЛКО. ЮНЕСКО БИЛКО – это программа, которая предназначена для обработки данных дистанционного зондирования. Программа включает в себя функции обработки и анализа изображений в различных графических форматах. [4]

Возможности программы БИЛКО:

<p>Поддержка известных форматов изображений, которые используются в сфере дистанционного зондирования</p>	<p>Поддержка чтения сжатых форматов изображений</p>	<p>Автоматическая геокоррекция данных EarthExplorer</p>
<p>Для работы с изображениями можно использовать следующие инструменты:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Контрастирование 2. Создание и использование цветовых палитр 3. Создание композитных изображений 4. Изменение масштаба и вращения изображений 5. Отображение пиксельной информации 6. Полноэкранный режим 	<p>Работа с 3D и многоканальными данными (возможность восприятия до 128 каналов)</p>	<p>Инструменты обработки данных</p>
	<p>Инструменты анализа изображений:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Анимация 2. Выделение точек, линий и полигонов 3. Построение разрезов и гистограмм 	<p>Использование формул</p>

В данной программе можно создавать композитные изображения для изучения каких-либо характеристик водной поверхности, для изучения выброса органических веществ, разграничений почв или обнаружения лесных пожаров, что важно для пользовательских целей.

Также можно контрастировать изображения для четкого видения яркости пикселей. Приведу пример изображения (рисунок 13) в псевдоцветах и с применением контрастирования.

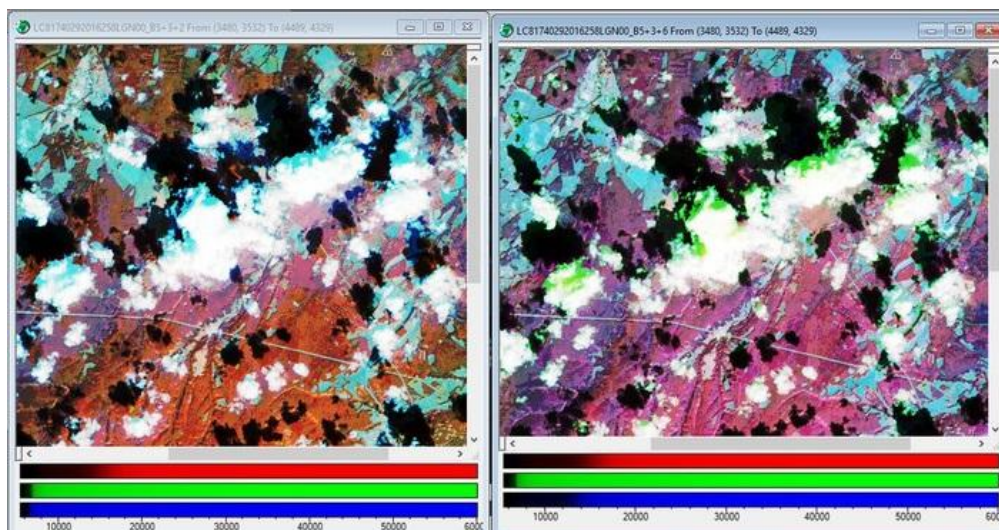


Рисунок 13 – Пример изображения в псевдоцветах и применение контрастирования

Если использовать функцию построения разреза на изображении, то можно определить яркость любого пиксела, сплоченность льда, рассчитать какое-либо расстояние между объектами на снимке (рисунок 14).

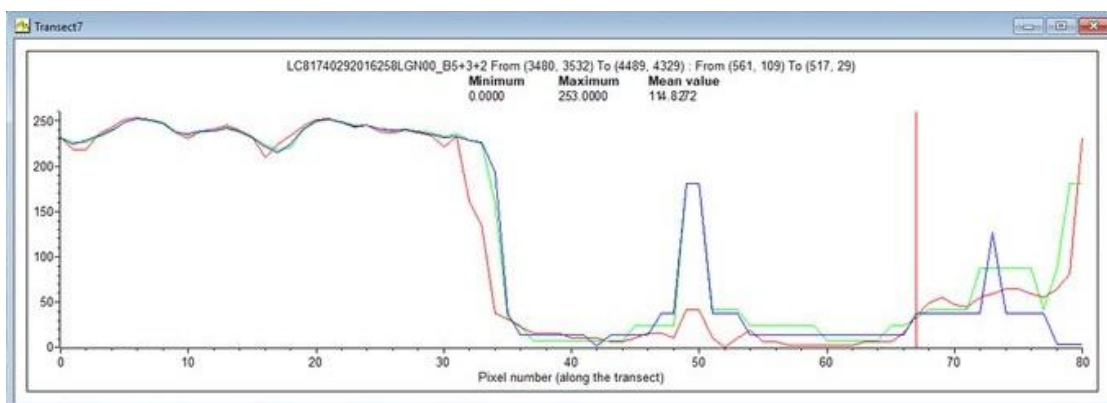


Рисунок 14 – Пример построения разреза в программе
ЮНЕСКО БИЛКО

Общая информация о программе ScanMagic. ScanMagic – легкое в использовании многофункциональное программное обеспечение, предназначенное для просмотра, анализа и обработки данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), а также для организации каталогов результатов космической съемки. Программа поддерживает большое число общих графических,

ГИС и ДЗЗ форматов, позволяет выполнять визуализацию, географическую привязку и геометрическую коррекцию космических снимков.

Опция «Эквализация» используется для выявления неявных пиков диаграммы, за счет подавления ярко выраженных, что показано на рисунке 15.

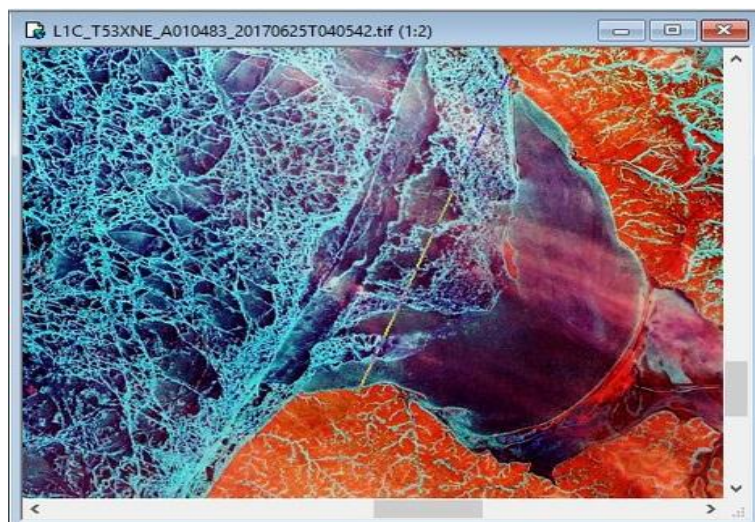


Рисунок 15 – Пример использования контрастирования изображения в программе ScanMagic

Также можно использовать опцию «Профиль» для построения разреза, который отсчитывает яркость изображения, используя данные каналов R, G, B (красный, зеленый, синий) (рисунок 17).

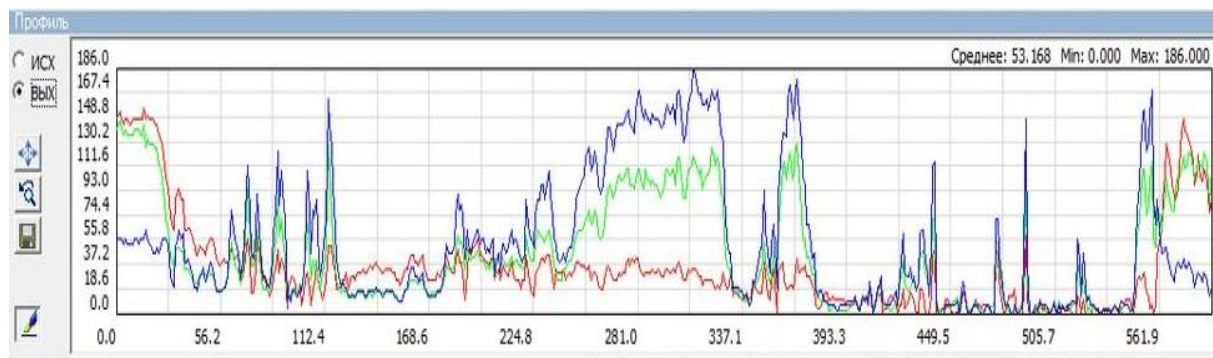


Рисунок 16 – Пример использования опции «Профиль»

Средства каталогизации программы ScanMagic позволяют создавать и редактировать пользовательские каталоги, выполнять атрибутивный поиск и наглядно отображать результаты выборки информации из каталогов, осуществ-

влять импорт и экспорт каталогов для обмена информацией между пользователями, а также реализовывать работу с каталогами внутри локальной сети. ScanMagic подходит для ведения как глобальных каталогов (например, единого каталога данных ДЗЗ конкретной организации), так и локальных пользовательских каталогов (например, тематических каталогов по тому или иному выполняемому проекту).[15]

Выводы

В данной части были описаны общие характеристики программного обеспечения для обработки информации. Используя программные обеспечения можно обрабатывать изображения, полученные со спутников, выполнять географическую привязку, делать профили какой-либо местности, что важно для анализа данных дистанционного зондирования Земли. Исходя из всех этих операций, можно сказать, что с их помощью намного проще можно получить информацию об исследуемом труднодоступном районе Арктики, а именно об острове Котельный.

3. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ РЕАЛИЗАЦИИ ЗАДАЧИ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Перед тем как обращаться к программным ресурсам и анализировать продукты дистанционного зондирования, например, изображения со спутников, нужно иметь представление об исследуемом районе.

Метеорологические особенности района исследования. Климат моря Лаптевых, которое омывает остров Котельный, суровый, что обусловлено главным образом его положением в высоких широтах в непосредственной близости от материка и особенностями атмосферной циркуляции в этом районе. Снег лежит 9–10 месяцев в году. Средняя температура июля составляет +2,9 °С, но ночью температура опускается до –6 °С. И лишь в отдельные тёплые дни температура может подниматься до более высоких значений. С ноября по март оттепели исключены, в апреле абсолютный максимум температуры составляет 0,3 градуса. Самый холодный по среднемесячной и минимальной температуре месяц – февраль (–29,7 и –49,9 градусов соответственно). Температура ниже –30 градусов может наблюдаться с октября по апрель. Находится в зоне арктических пустынь с редкой травянисто–кустарниковой растительностью среди каменных россыпей и полигональных грунтов. Сложен остров известняками и сланцами.[16]

Реки невелики и мелководны, текут в узких долинах, за исключением Балыктах. При устье последней реки образуется незначительная Царёва губа.

Зима, которая в данном описываемом районе очень холодная и длится с ноября по март. Лето, которое длится с июня по август – холодное, с пасмурной погодой и частыми туманами.

Атмосферная циркуляция в данном районе имеет ярко выраженный сезонный характер. Зимой большая часть моря находится под воздействием ложбины Исландской депрессии, а над Сибирью располагается область повышенного атмосферного давления (Сибирский антициклон). В этот период над морем преобладают ветры, направленные с материка на море – зимний

муссон (рисунок 17). Зимой над морем с запада на восток проходят два–три циклона за месяц.

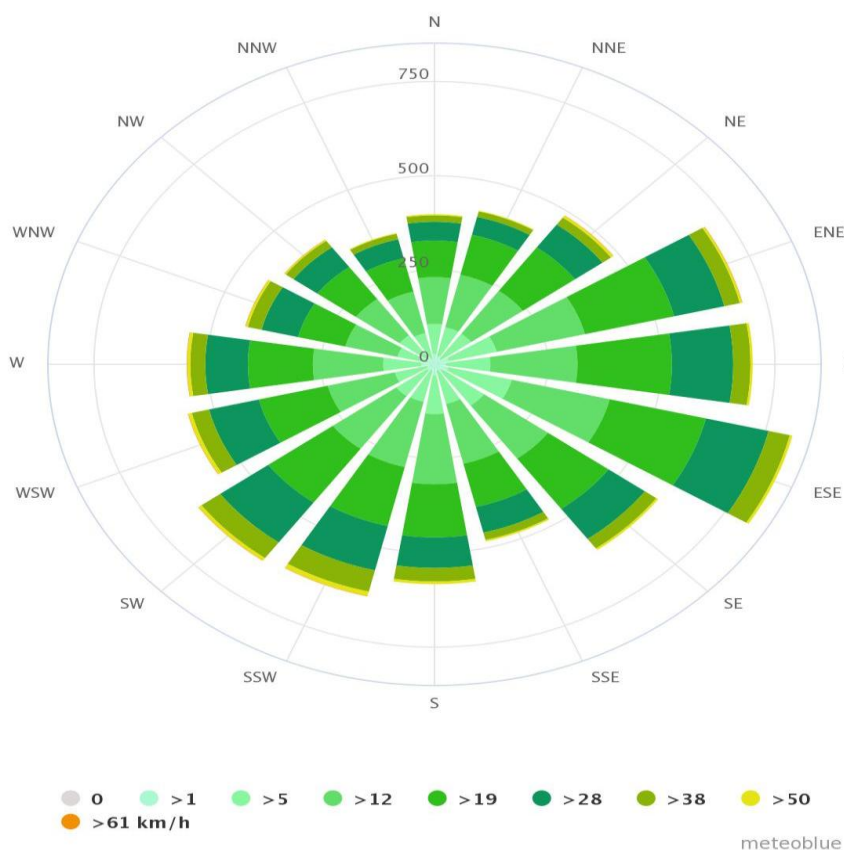


Рисунок 17 – Роза ветров острова Котельный

Летом над материком устанавливается область пониженного давления (Азиатская депрессия), а к северо–востоку от нее область повышенного давления (стационарный Арктический антициклон), что вызывает преобладание ветров, дующих с моря на материк. Среднее число циклонов, проходящих над морем, возрастает в июле и августе до четырех за месяц в западной части моря и до пяти в восточной. Как правило, эти циклоны движутся с юго–запада на северо–восток. При их прохождении наблюдаются резкие колебания температуры воздуха и атмосферного давления, усиливается ветер, увеличивается облачность и выпадают осадки.[17]

В навигационный период существенное влияние на климат моря оказывают холодное Восточно–Таймырское течение, идущее с севера на юг вдоль восточного берега полуострова Таймыр, и теплое течение в восточной

части моря, обусловленное стоком сибирских рек (главным образом реки Лена), следующее на север и северо–восток. В связи с этим в западной части моря лето холоднее, чем в восточной части и его южном районе.

В южной части моря в навигационный период из–за сильного прогрева суши и развитой циклонической деятельности, а также из–за отепляющего влияния стока реки Лена отмечаются наиболее благоприятные погодные условия. Восточная часть моря по погодным условиям занимает промежуточное положение. Зимой, вследствие меньшего развития циклонической деятельности, погода здесь более устойчива, чем в западной части, но не так постоянна, как в южной части моря.

Гидрологическая характеристика. Гидрологический режим моря Лаптевых определяется суровым климатом, стоком речных вод, а также водообменом и ледообменом с Центральным Арктическим бассейном. Карским и Восточно–Сибирским морями.

Суровость климата является главной причиной интенсивного образования льда. Сток рек вызывает распреснение и повышение температуры воды в прибрежной зоне. Водообмен с соседними морями и Центральным Арктическим бассейном, а также речной сток обуславливает систему постоянных течений.

Среднее значение глубины составляет 533м, самое глубокое место–3385м, площадь моря–662 тыс. км². Дно моря Лаптевых похоже на равнину, к северу круто обрывается. Море целиком занимает шельф, немного материкового склона и часть ложа океана. Большая часть моря (53%) мелководна, глубина составляет менее 50 м. Северная часть глубже, чем южная. Южная часть море не превышает глубины 25 м.

Климат моря Лаптевых. Так как море Лаптевых удалено от Атлантического и Тихого океанов, и близко расположенные материк и льды Арктики, его климат континентальный с хорошо выраженными морскими чертами. В осеннее – зимнее время море находится под влиянием повышенного атмо-

сферного давления, преобладают ветры южного и юго–западного направления, они неустойчивы и могут усилиться до штормовых ситуаций. К концу зимы скорость ветра уменьшается и наблюдается штиль. В теплый период часто дуют северные ветры. Летом господствуют циклоны. В это время постоянно пасмурная и дождливая погода. В конце августа начинает формироваться Сибирский максимум, что означает наступление осени.

Ледовый режим. В период с октября по май море Лаптевых покрыто льдом, разным по возрасту и толщине. Ледообразование происходит по всей площади моря одновременно. Начало нарастание льда – это конец сентября начало октября. Припай занимает примерно 30% от всей площади моря. Севернее зоны припая находятся дрейфующие льды. Таяние льда начинается в июне–июле, а уже к концу августа большая часть моря освобождается ото льда. Из–за влияния течений и ветров летом, кромка льда меняет свое положение. В восточной части ледовая обстановка намного лучше, чем в его западном районе. С севера часто опускается Таймырский ледовый массив, который сохраняется до нового ледообразования.[18]

Характеристика ледового режима моря Лаптевых. Почти девять месяцев (октябрь–июнь) ледяной покров полностью покрывает море Лаптевых. Ледяной покров состоит из дрейфующих и припайных льдов. В период его формирования западная и северная части акватории моря находятся под воздействием ложбины исландского минимума. В это же время погодные условия в юго–восточных и восточных районах моря определяются отрогом мощного Сибирского антициклона и западной периферией Арктического антициклона.

Море Лаптевых свободно сообщается с Арктическим бассейном, и вследствие особенностей атмосферной циркуляции дрейфующие льды через северную границу моря выносятся в Арктический бассейн. При этом вынос льдов из моря Лаптевых максимальный среди морей сибирского шельфа.[19]

Ледообразование и нарастание льда. В конце августа – начале сентября на севере моря среди остаточных льдов, которые не растаяли летом, начинается устойчивое ледообразование, которое постепенно распространяется к

югу на центральные и прибрежные районы моря свободные ото льдов. В первых числах октября процессы ледообразования распространяются на южные прибрежные районы западной части моря, и в среднем 5–7 октября замерзает район вблизи дельты реки Лены, до этого времени остававшийся свободным от первичных видов льда (рисунок 18). [20]

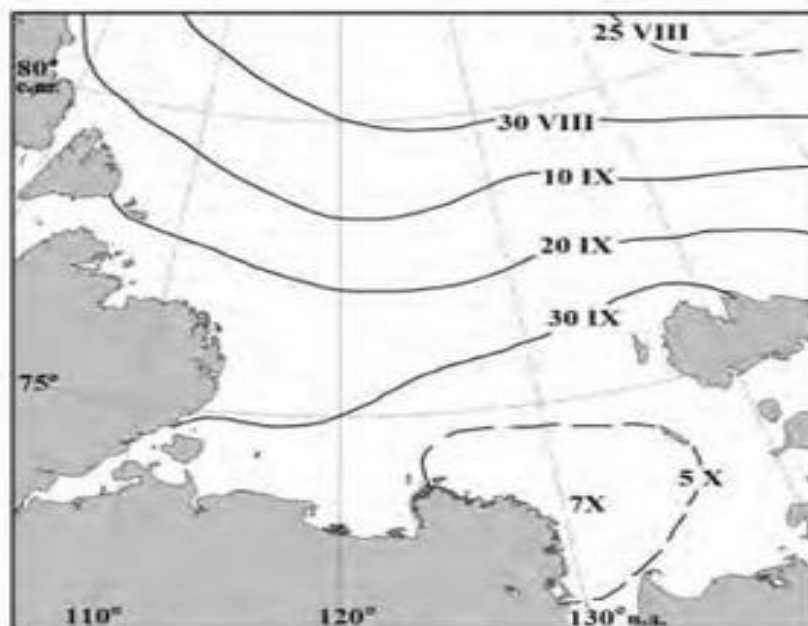


Рисунок 18 – Изохроны средних сроков устойчивого ледообразования в море Лаптевых

Таким образом, в среднем все море замерзает в течение одного месяца. В то время как процессы ледообразования распространяются в южные районы моря, в его северных и центральных районах происходит интенсивное нарастание толщины льда. В соответствии с распространением процесса ледообразования в море характерно зональное распределение льдов различного возраста (толщины), ориентированное в юго–восточном направлении.

Как видно из рисунка 18, в конце октября большая часть юго–восточного района моря занята ниласовым, то есть тонким слоем льда (до 10см), и серыми льдами (5–15 см), северо–западнее располагается обширная зона серо–белых льдов (15–30 см). Еще севернее этой зоны образовались одностолетние тонкие льды (30–70 см), которые к этому времени занимают около 12 % акватории моря, и начинают образовываться одностолетние средние льды

(70–120 см). В крайнем северо–западном районе моря сохраняется небольшое количество (около 5 %) остаточных льдов, которые позже переходят в стадию двухлетних льдов (рисунок 19).

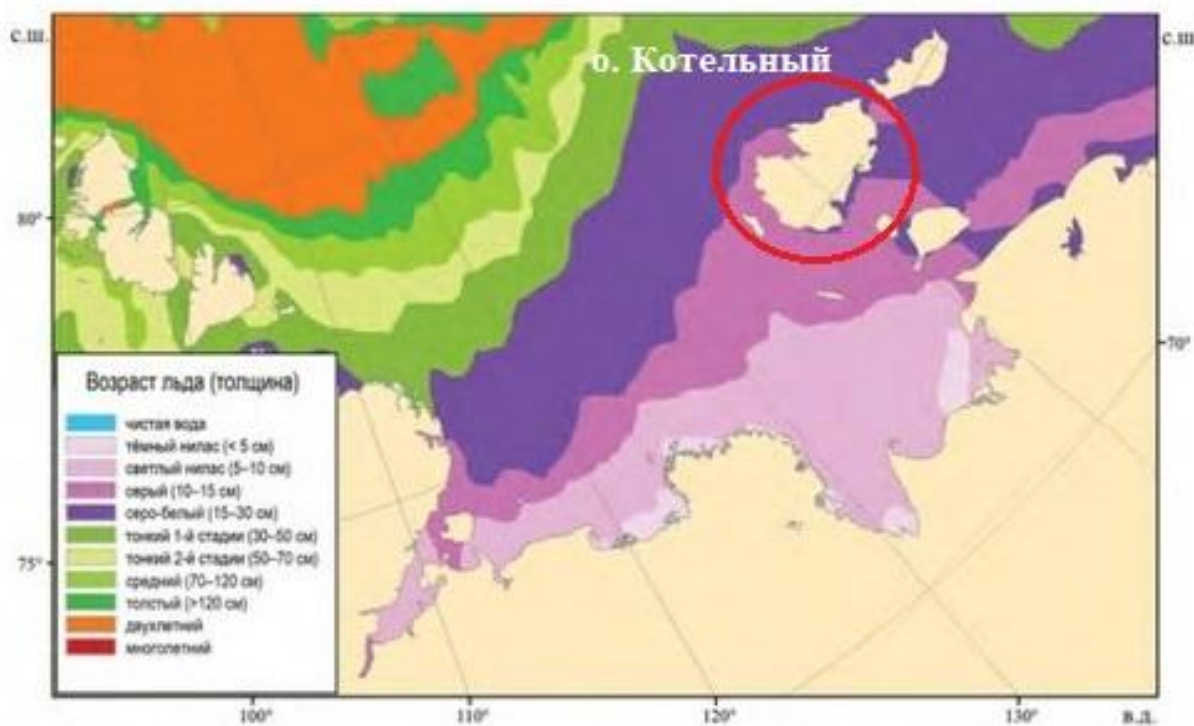


Рисунок 19 – Распределение льдов различного возраста и толщины в море Лаптевых в октябре

Припай. Припай—это вид неподвижного льда в морях, океанах и их заливах, который располагается вдоль берегов. По данным полярных станций, в среднем через 10–15 суток после начала устойчивого ледообразования на мелководьях, в закрытых бухтах и заливах в виде ледяных заберегов появляется припай. Его образование становится возможным при достижении молодым льдом толщины 5–10 см. В большинстве районов моря Лаптевых припай начинает образовываться в одной из декад октября (чаще всего в конце октября).[21]

Припай моря Лаптевых является наиболее развитым в арктических морях сибирского шельфа и уступает по площади только припаю Восточно–Сибирского моря. При этом площадь припая в меньшей степени подвержена влиянию межгодовых колебаний гидрометеорологических условий, чем при-

пай в Восточно–Сибирском и Карском морях. Этому способствуют особенности припайной зоны моря, которые характеризуются неровным дном с множеством банок. В южной оконечности и юго–восточной частях острова глубины не превышают 5м. При дрейфе и подвижках льда на мелководьях образуются стамухи, и при нарастании припая они оказываются включенными в припайный лед и являются своеобразными «якорями», удерживающими припай от разломов при смене направлений ветров. Припай в этих районах простирается в море на сотни километров. Положение границ припая в южных районах моря Лаптевых при различной степени его развития по данным работы представлено на рисунке 20. [22]

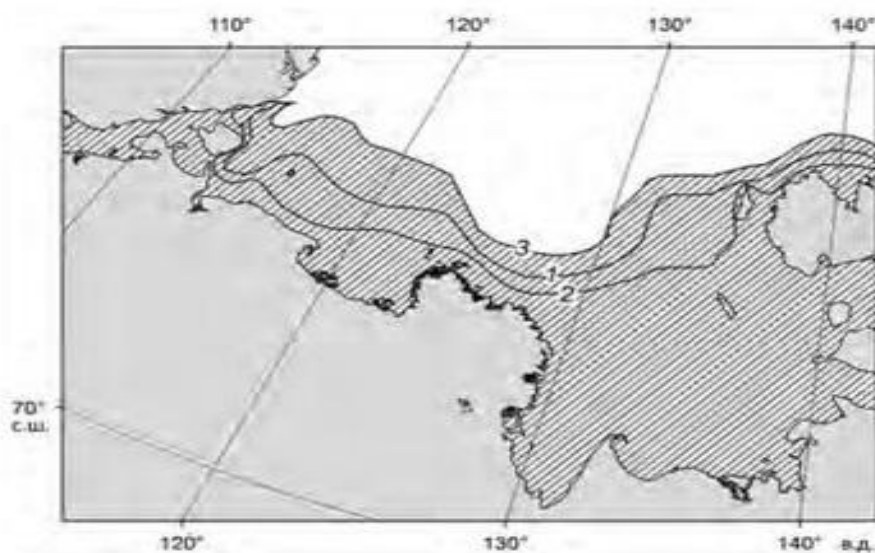


Рисунок 20 – Положение границ припая в южной и юго–восточной части моря Лаптевых при среднем (1), минимальном (2) и максимальном (3) развитии

Припай вдоль архипелага Северная Земля и Таймырского полуострова развит значительно слабее. Его ширина в среднем составляет около 35 км.

В среднем в период максимального сезонного развития припай занимает около 39 % акватории моря Лаптевых. Большая часть припайного льда образуется в восточной части моря (к востоку от 125° восточной долготы), его площадь составляет около 70 % от общей площади припая в море.

В среднем площадь припая в море Лаптевых достигает около 210 тыс. км², при максимальном развитии – около 230 тыс. км² [23]

По данным полярных станций, припай в море Лаптевых достигает толщины 180–200 см, иногда – 220–250 см.

Дрейфующие льды. Припай распространяется в открытые районы моря до 20–25-метровых глубин, в зависимости от его площади в период максимального распространения, дрейфующие льды занимают от 57 до 61 % площади моря (536 тыс. км²).

В зимний период дрейфующие льды состоят в основном из полей размерами 500–2000 м, а также полей сморозей, образующих большие ледяные поля длиной 5 – 10 км. В зимнее время, благодаря преобладанию воздушных потоков южных направлений, которые усиливают Новосибирское течение, дрейфующие льды выносятся из моря в Арктический бассейн, где соединяются с Трансарктическим дрейфом льдов.

С Восточно–Таймырским течением, наоборот, в море Лаптевых круглый год поступают многолетние льды из Арктического бассейна. С этим же течением в море поступают айсберги, образующиеся у берегов Северной Земли.

Как показывают наблюдения и эмпирические расчеты ледообмена моря Лаптевых с Арктическим бассейном, только за зимнее полугодие (октябрь–март) из моря в Арктический бассейн выносятся в среднем около 280000 км² льда, что по площади сравнимо с площадью восточной части моря. [19]

Толщина дрейфующих однолетних льдов составляет 140–180 см. Двухлетние льды, поступающие из Арктического бассейна, достигают толщины 2,0–2,5 м.[24]

Льды в море Лаптевых мало восторшены, торосистость их в основном составляет 1–2 балла, местами –3 балла. Преобладающая высота гряд торосов –1,0–2,0 м, а отдельных торосов 3–4 м.

К концу периода нарастания ледяного покрова, в мае, около 80 % акватории моря занимают однолетние толстые льды (толщиной более 120 см). В

северных районах моря присутствуют двухлетние и многолетние льды, занимающие 4–6 % акватории моря. [19]

Заприпайные полыньи. В зимний период при почти постоянном выносе льдов из моря между припаем и дрейфующими льдами образуются полыньи с чистой водой и молодыми льдами (до 30 см). Море Лаптевых отличается от других арктических морей не только развитым припаем, но и устойчивыми заприпайными полыньями.

Полыньи образуются за припаем североземельского, таймырского и южного побережий моря и побережья Новосибирских островов. Полыньи называют по месту их образования. Наиболее устойчивыми из полыней являются: Анабаро–Ленская, Западная–Новосибирская и Северная–Новосибирская. Они располагаются к северу от Новосибирских островов. Протяженность этих полыней – сотни километров, ширина в среднем 30–40 км, но может превышать 100 км. В 80 % случаев эти полыньи существуют одновременно, образуя Великую Сибирскую полынью.

Суммарная площадь полыней моря Лаптевых в зимнее время в среднем составляет около 52 тыс. км², что близко к 10 % от площади моря

В период нарастания ледяного покрова полыньи вовлекаются в процесс ледовой продуктивности моря. Почти половина (по площади) выносимого из моря льда репродуцируется благодаря полыньям. [19]

Едомные толщи. Едомные толщи представляют собой одну из разновидностей мерзлых толщ, которые широко распространены на низменных равнинах Восточной Сибири, Дальнего Востока и Аляски в бассейне Северного Ледовитого океана.

Едома представляет собой огромные ледяные жилы высотой несколько десятков метров вместе с вмещающими их песчано-пылеватыми грунтами. На самом деле лед в разрезе едомной толщи образует систему пересекающихся жил, между которыми располагаются блоки грунта. Небольшие ледяные жилы имеются в различных типах мерзлых толщ, но только в едоме они достигают высоты 20-50 метров и более. Едома среди осадочных по-

род, по содержанию подземного льда включает в себя 80-90 процентов объема породы. Поэтому едома быстрее других осадочных пород разрушается под действием различных природных факторов (рисунок 21).[25]

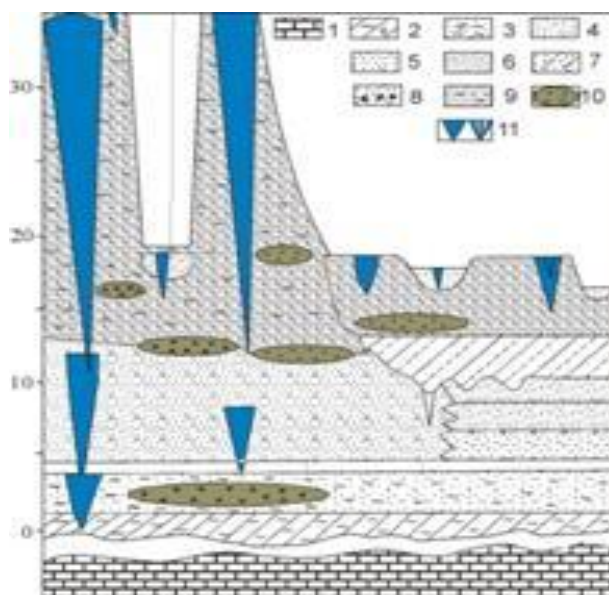


Рисунок 21 - Гетероциклитный многоярусный полигонально-жильный комплекс в обнажении на южном побережье о. Бол. Ляховский

1 – песчаник; 2 – элювиальная глина и ил с плохоокатанными обломками; 3 – переход от ила к мелкому песку с включениями обломков горных пород из нижележащего горизонта; 4 – мелкий лессовидный песок (субаэральная свита); 5 – мелкий лессовидный песок (субаквальная фация); 6 – мелкий песок (Крест-Юрихская свита); 7 – аласные озерные отложения (мелкий пылеватый песок с примесью суглинка); 8 – аласные отложения (мелкий песок, насыщенный органикой, с прослоями оторфованных палеопочв); 9 – илистый и мелкий песок; 10 – торф; 11 – ледяные и ледогрунтовые жилы

поворачивает в сторону едомного массива, она легко размывает его. Самые незначительные ручейки способны выработать на поверхности едомы глубокую и разветвленную сеть ложбин стока. Так же под воздействием солнечного тепла происходит нарушение неустойчивого термического равновесия, в котором летом пребывают едомные массивы. На поверхности появляются глубокие котловины, заполненные водой - термокарстовые озера. После ухода воды из этих озер они превращаются в аласы (плоские котловино-образные просадочные понижения), которые, как оспины, испещряют всю поверхность едомы.

Летом без участия береговых вод по береговым обрывам едома может совершенно разрушиться. В этом случае она отступает подобно краю ледника. Талыми водами уносятся в реку почти все грунтовые частицы, которые в ней имелись. Проходит много лет, пока такие обрывы сгладятся, покроются сплошным плащом грунта, предохраняющим едому от дальнейшего разрушения.

Едома - древнее, реликтовое образование. Все, что уходит с ней, теряется безвозвратно. Но ясно одно: пропадает не только едома, но и те природные комплексы, которые связаны с ней, включая почвы, растительный и животный мир.[26]

Мелководные и новообразованные острова. В море Лаптевых существуют возвышенные песчаные участки, оголяющиеся после сгона воды и отливе, как например, остров Затопляемый, также идентифицируемый на спутниковых изображениях даже по меньшим значениям яркости, чем остров Яя.

Следует заметить, что наличие малых островов Наносный, Затопляемый, Яя, а также появление новообразованных островов в этих акваториях приводит к увеличению площади территориальных вод страны и необходимости соответствующего контроля за их состоянием. [27]

По мере размыва поверхностного слоя грунта (песок, ил и др.) морское дно начинает эродировать, на нем различных форм выступы могут возвышаться на 0,5-4,0 м и больше над общим уровнем морского дна. Такие мелководные участки могли быть исследованы только с малых плавсредств. Поэтому подобные микроформы подводного рельефа морского дна полностью практически невозможно выявить. Описываемая ситуация наиболее характерна для морей Лаптевых и Восточно-Сибирского.[28] Кроме того, разрушение едомных толщ приводит к понижению не только поверхности возвышенных над водой песчаных участков суши, но и участков подводного рельефа.

Перспективы использования в хозяйственных целях. Основное предназначение моря Лаптевых, которое омывает остров Котельный – использование его для судоходства. На море есть крупный порт город Тикси, из ко-

торого по Северному морскому пути идут по маршруту ледоколы, за ними тянутся караваны судов. В основном это грузовые суда, которые перевозят древесину, пушнину и строительные материалы. Через море Лаптевых осуществляется доставка грузов в отдаленные северные районы России.

Море расположено далеко от центра страны, в суровом климате. Поэтому его хозяйственное использование затруднено. Для экономики России море Лаптевых имеет большое значение, так как в этом районе осуществляется транспортировка грузов по морскому северному пути. Здесь происходит транзит грузов и их доставка в порт Тикси. Местные жители занимаются рыбным промыслом. Плотность коренных жителей очень низкая. На берегах проживают эвенки, юкагиры и другие народности. Море Лаптевых – это место проведения различных научных исследований. Ученые изучают, как циркулирует вода, наблюдают за ледовым балансом, делают гидрометеорологические прогнозы.[29]

Море Лаптевых, которое омывает западную часть острова Котельный, характеризуется как район слабого хозяйственного использования. Рыбный промысел имеет местное значение. В числе промысловых особенностей: арктический голец, сибирский сиг, омуль, нельма, осётр, ряпушка и муксун. Млекопитающие представлены моржами, тюленями, белухой. На островах выводят потомство белые медведи. На берегах – белый песец, лемминги. Разнообразен мир птиц, особенно на птичьих базарах, где гнездятся кайры, чистики; многочисленны виды чаек, поморников; распространена полярная сова и др.[30]

Море Лаптевых – часть Северного морского пути. Главный порт – Тикси, где идёт перевалка грузов река – море. В грузоперевозках преобладают лесоматериалы, стройматериалы, пушнина, продукты питания. Морские грузовые перевозки осуществляются под ледокольной проводкой. Море Лаптевых перспективно с точки зрения нефтегазоносности, однако его освоение затруднено из-за суровых природных условий.[31]

Выводы

Приведенные данные указывают на суровые климатические условия исследуемого района, что немало важно для анализа полученных данных и для выявления последовательности реализации задачи информационного обеспечения.

Поэтому, характеристики, описанные в первом разделе, такие как метеорологические, гидрологические, характеристики льда моря Лаптевых и редкие явления, как едомные толщи, влияют на навигацию в исследуемом море. Опираясь на эти знания можно соотносить полученную информацию со спутников и делать прогноз для передвижения судов около острова Котельный или для подхода с западной части острова.

Так же для использования в хозяйственных целях, море Лаптевых используется для судоходства по Северному морскому пути, что важно для перевозки грузов и доставки их в отдаленные северные части России.

4. ОПИСАНИЕ АЛГОРИТМА ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТРУДНОДОСТУПНОГО РАЙОНА АРКТИКИ (НА ПРИМЕРЕ ОСТРОВА КОТЕЛЬНЫЙ) С ПОМОЩЬЮ СПУТНИКОВ

LANDSAT-8 И SENTINEL-2

В данном разделе показано, как можно получить нужную информацию о районе, который нас интересует, с помощью спутников. Этот способ не требует больших затрат ресурсов, так же как и не занимает много времени. В данном разделе продемонстрировано, как полученную информацию со спутников можно использовать для прогнозирования изменений ледовой обстановки, которые могут потребоваться для планирования направлений каких-либо морских судов. Также можно определить в какой период наиболее благоприятная обстановка для таких действий.

Хотя основные подводные формы рельефа арктических морей изучены, но для навигационных целей наибольшую опасность представляют останцевые микроформы рельефа, в основном примыкающие к островным или мелководным районам трассы Северного морского пути (рисунок 22). [23]

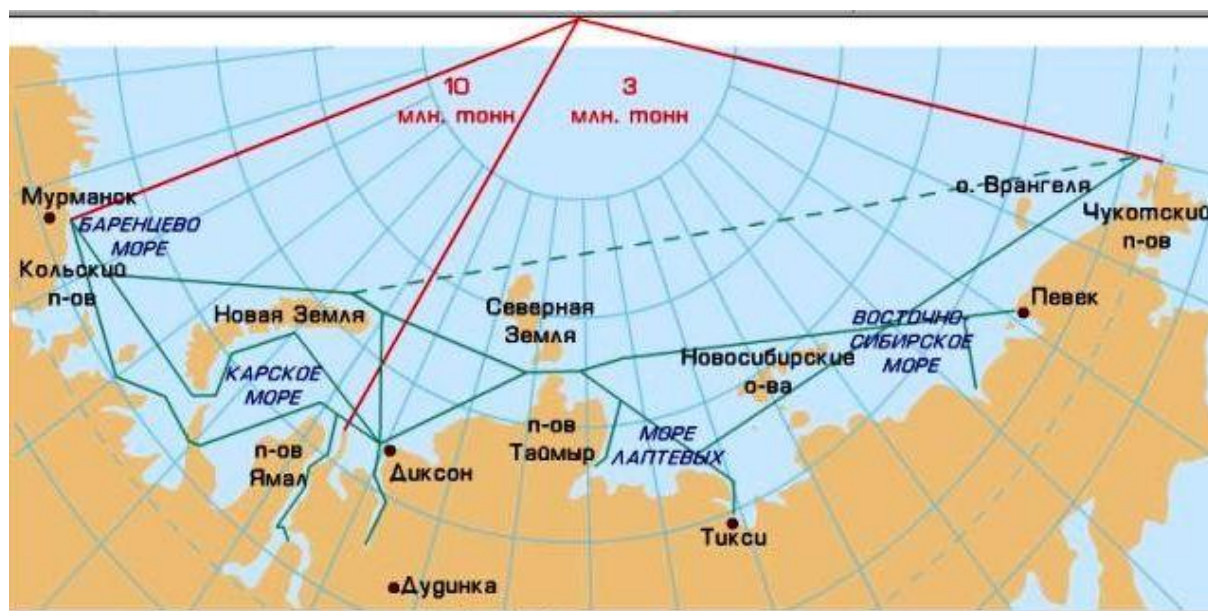


Рисунок 22 – Российский транспортный коридор «Северный морской путь»

Новосибирские острова, в частности остров Котельный, сложен преимущественно из коренных пород, покрытых рыхлыми отложениями или слоями ископаемого льда.

Характер берегов острова Котельный разнообразен – песчано–глинистые обрывы с выходами ископаемого льда чередуются с обширными низинами, которые местами окаймлены галечными или песчано–илистыми, иногда очень вязкими пляжами, что также влияет на доступность подхода судов к острову.

Чтобы понимать различия между обработкой и анализом изображений с разных спутников, приведу примеры снимков со спутников Landsat–8 и Sentinel–2, за период июнь–август 2017 года, когда в акватории моря Лаптевых существенно изменяется ледовая обстановка, которая так важна для навигации судов. На первом снимке берег острова Котельный полностью окружен льдом (на изображении он ярко голубого цвета) (рисунок 23).

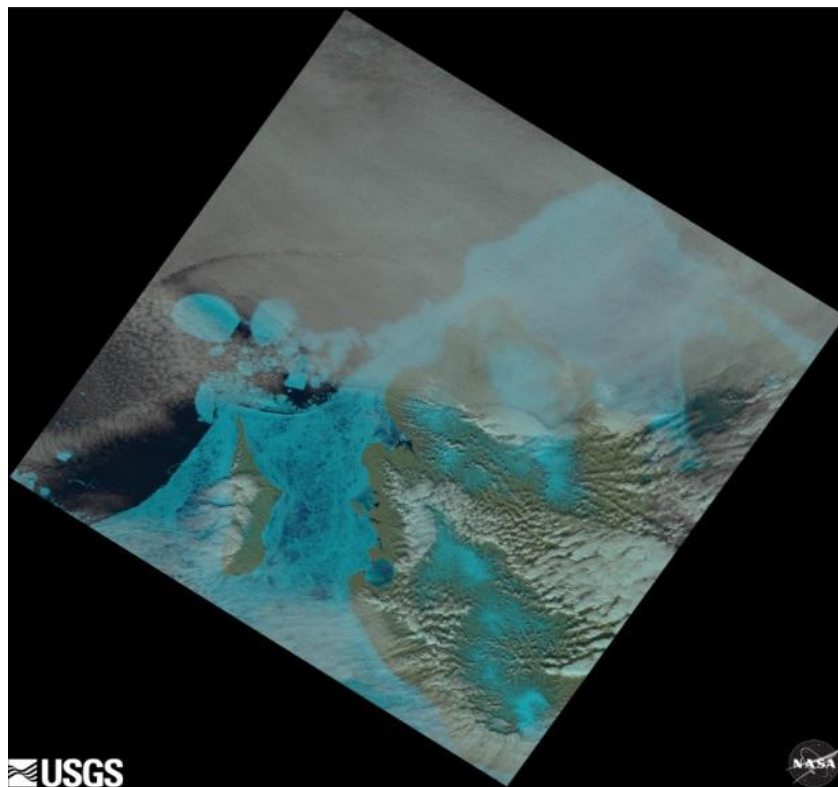


Рисунок 23 – Снимок со спутника Landsat–8

дата съемки 4 июля 2017 г.

Сначала рассмотрим, как можно работать со снимками в программе ЮНЕСКО БИЛКО. В данной программе удобнее работать со снимками, которые получены со спутника Landsat-8, так как можно использовать различные комбинации каналов, что понадобится для анализа ледовой поверхности, открытой воды или почвы. Чтобы проводить работу со снимком используются каналы 2, 3, 4 в комбинации 4-3-2 (рисунок 24), так как красный канал является самым контрастным и можно лучше рассмотреть ледовую обстановку.

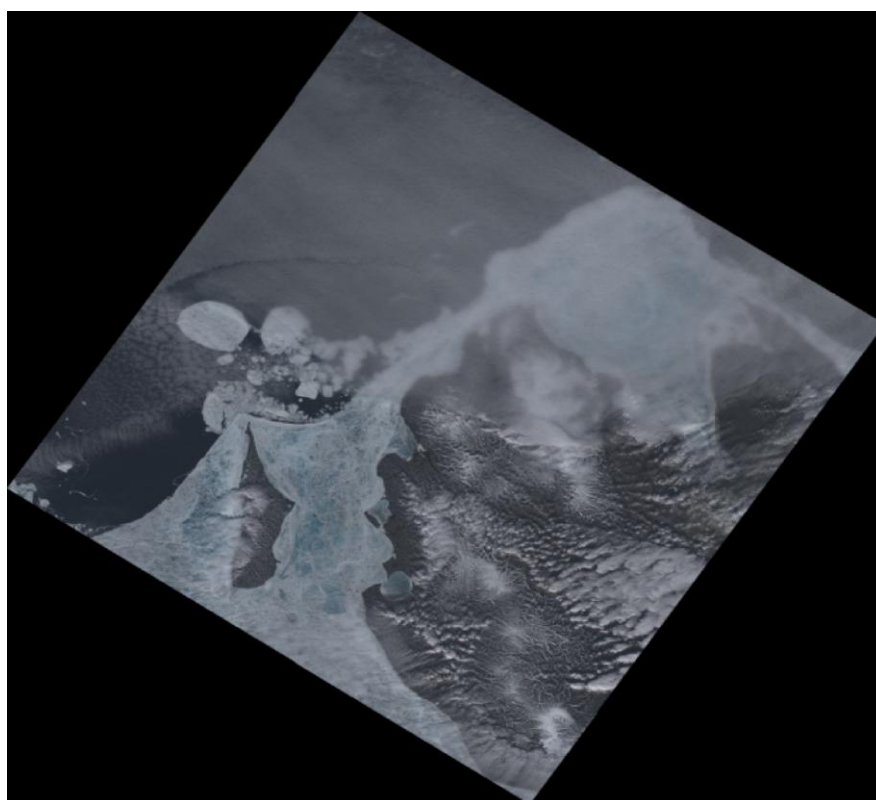


Рисунок 24 – Комбинация каналов 4-3-2

Для того чтобы узнать в каком состоянии подход к острову Котельный, можно построить гистограмму выбранного участка, по которой не сложно определить сплоченность льда и площадь участка в км².

Перед тем как строить гистограмму, нужно знать значение яркости льда относительно водной поверхности, так как ко льду относятся самые большие значения яркости. Построим разрез выбранной поверхности, который приведен на рисунке 25.

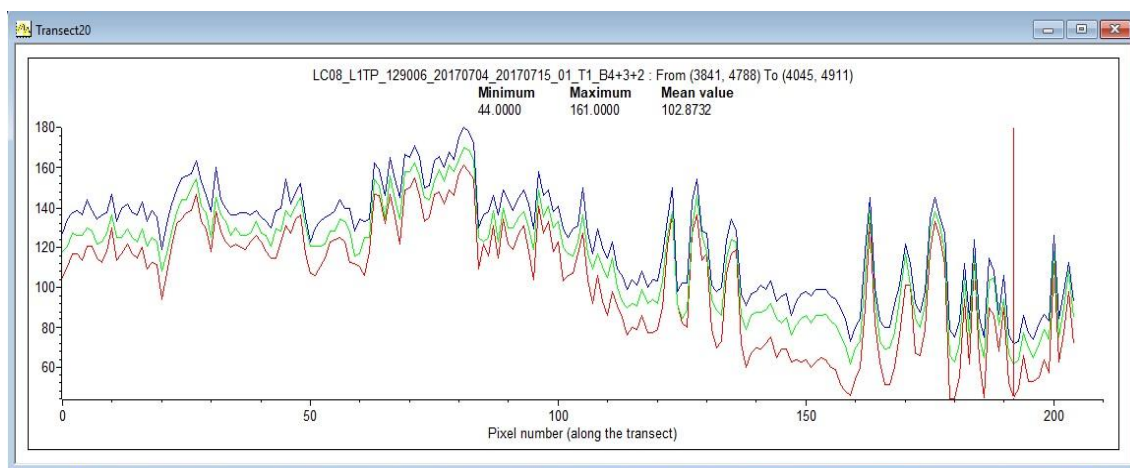


Рисунок 25 – Разрез льда

На полученном разрезе определяем минимальное значение яркости пиксела льда, оно составляет 45, все значения, которые имеют меньшую яркость, указывают на то, что на этом участке водная поверхность, либо тонкий лед. Так же при дрейфе льда могли образоваться торосы, которые можно отследить на разрезе, рассматривая скачки линий каналов. Торосы – это нагромождение обломков льда, которые образовались в результате сжатия ледяного покрова. Далее нужно выбрать исследуемый район (рисунок 26) и построить гистограмму (рисунок 27).

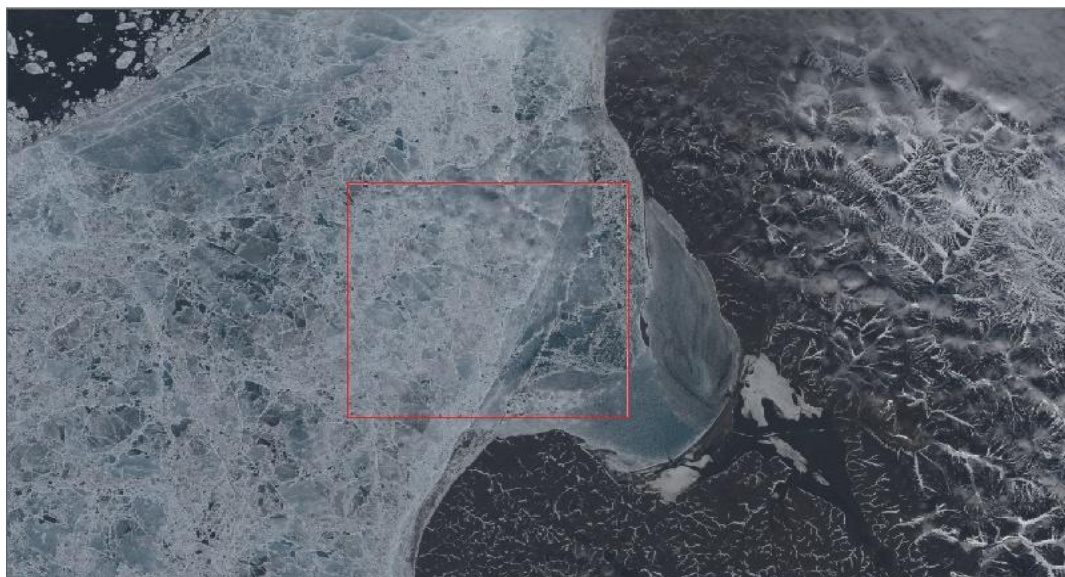


Рисунок 26 – Выбор участка

На гистограмме выбираем все значения последующие за 45, то и будет площадь льда, так как исключаем пикселы меньшей яркости.

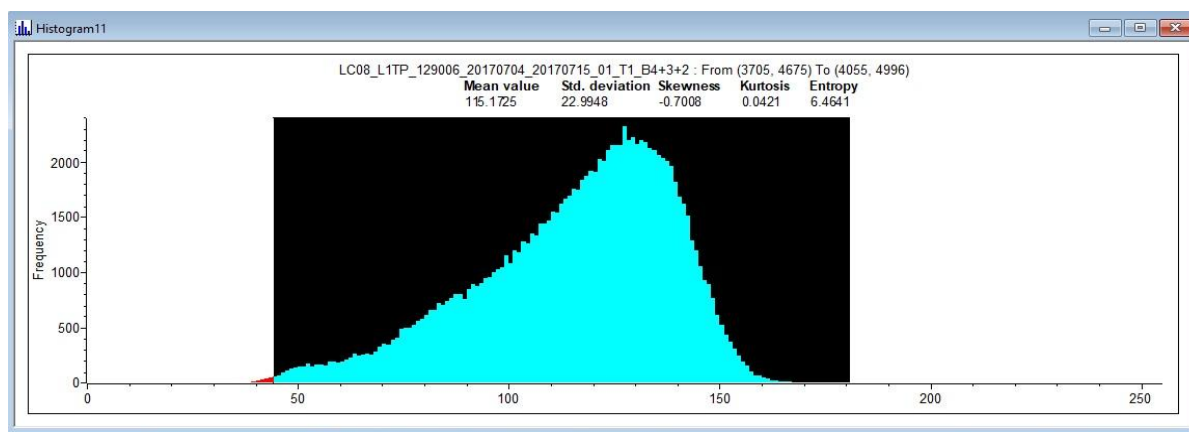


Рисунок 27 – Гистограмма выделенного участка

Сплоченность льда составляет 99,85 % на выделенной поверхности.

Площадь выбранного участка рассчитывается как площадь одного пиксела, умноженного на количество пикселей выбранного участка, и в результате получается 101,6 км².

Чтобы сравнить свои результаты, можно обратиться к порталу Arctic Data archive System (рисунок 28).

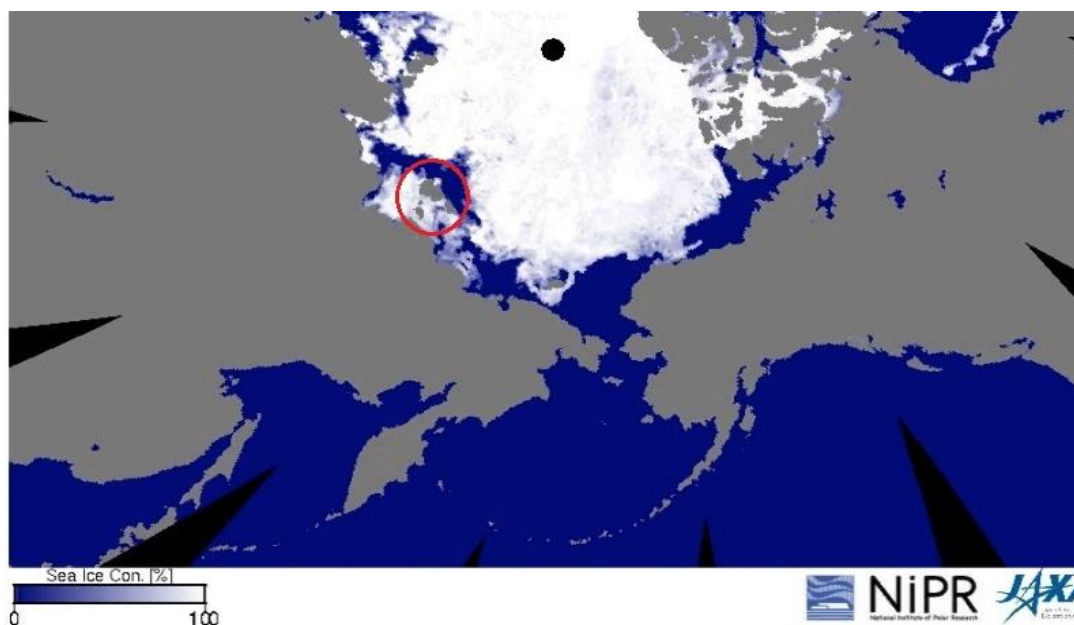


Рисунок 28 – Сплоченность льда в Арктике 04.07.17 г.

Так как видно по графику и совершенно белому (по шкале) окружению острова льдом, можно утверждать, что сплоченность в исследуемом районе равна почти 100%.

Используя такой же принцип действий, можно узнать площадь поверхности любой льдины. Поэтому выбираем интересующую нас льдину (рисунок 28) и строим разрез (рисунок 29), чтобы определить минимальные значения яркости пиксела льда.



Рисунок 28 – Выбор льдины

На полученном разрезе определяем минимальное значение яркости пиксела льда, оно составляет 38, все значения, которые имеют меньшую яркость, указывают на то, что вокруг выбранной льдины водная поверхность.

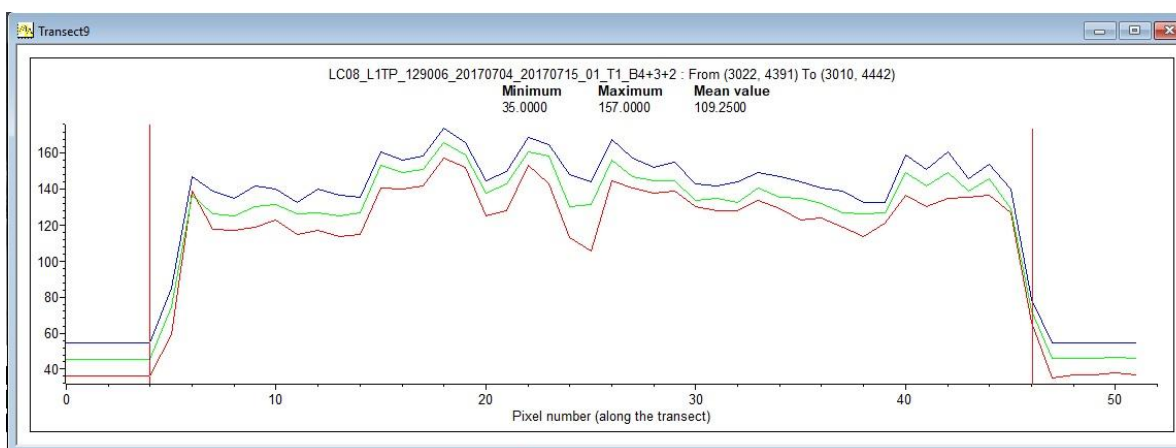


Рисунок 29 – Разрез льдины

Рассматривая рисунок 30 со спутника Landsat-8 видно практически освобожденную территорию моря Лаптевых ото льда, есть очертания дрейфую-

щих льдов, но при такой обстановке возможен благополучный проход судов к острову Котельный, поэтому уже в это время открыта навигация судов.

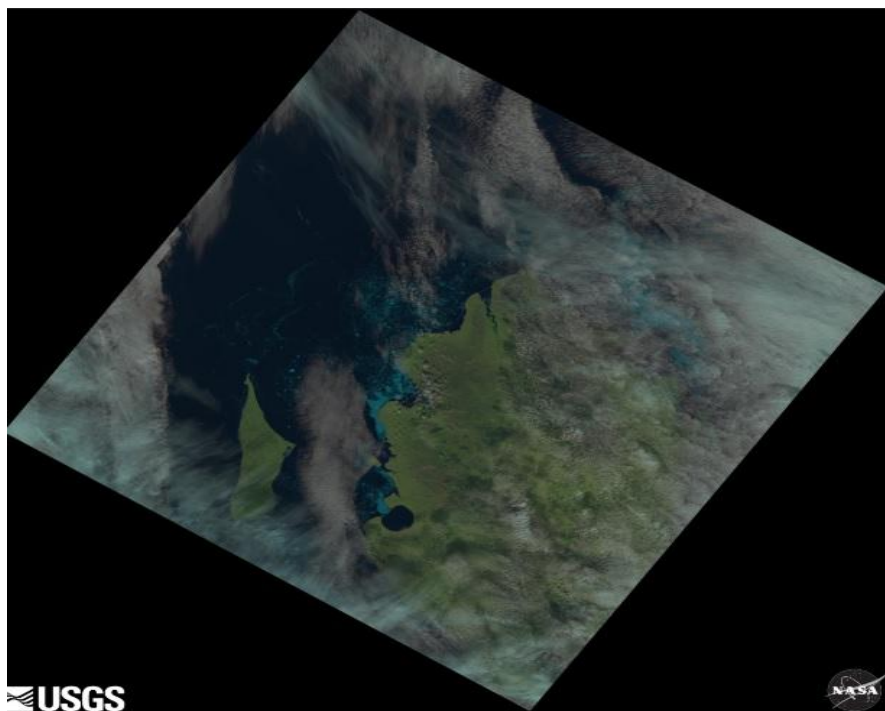


Рисунок 30 – Снимок со спутника Landsat–8

дата съемки 21 августа 2017 года

И это доказывает особенную сезонность движения транспорта в Арктической зоне.

Для того чтобы показать отличия между данными, полученными в начале июля и в конце августа, проведу аналогичные операции, как и с первым снимком.

Для начала так же выбираем участок и используем комбинацию каналов 4–3–2 (рисунок 31), строим разрез (рисунок 32) и гистограмму (рисунок 34).



Рисунок 31 – Выбор участка

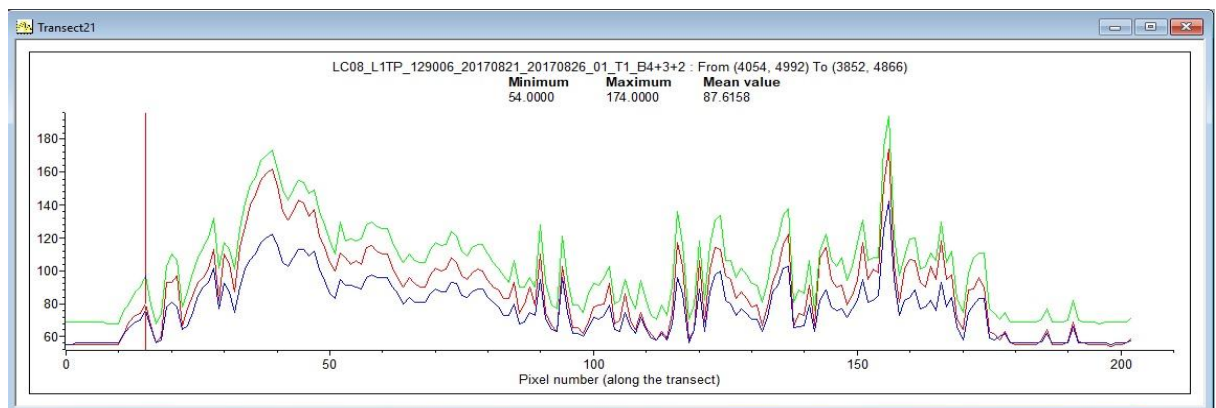


Рисунок 32 – Разрез выбранного участка

Определяем минимальное значение яркости пиксела для льда, и оно составляет 80. По разрезу можно проследить образование возможных торосов из-за дрейфа льда.

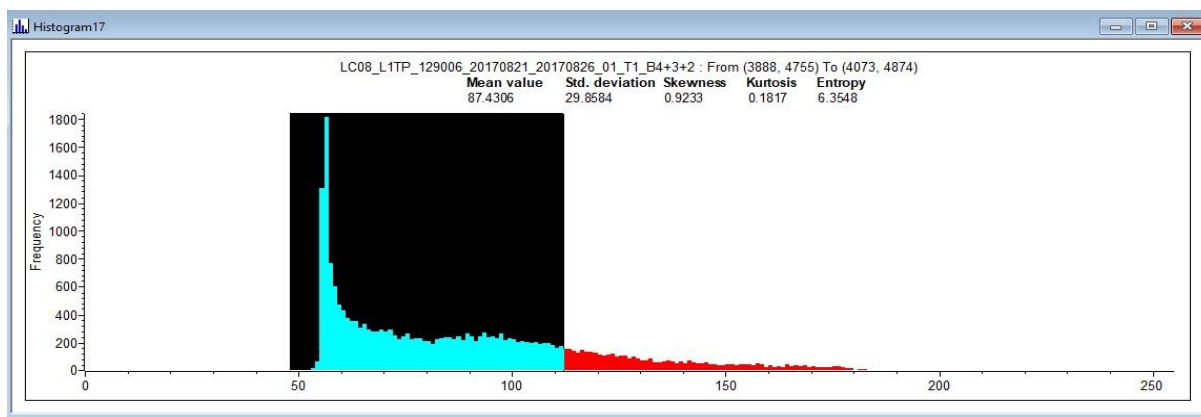


Рисунок 33 – Гистограмма участка

Сплоченность льда составляет 89,66 % на выделенной поверхности.

Площадь выбранного участка рассчитывается как площадь одного пиксела, умноженного на количество пикселей выбранного участка, и в результате получим $\sim 18 \text{ км}^2$.

Если построить разрез от берега до чистого льда (рисунок 34) и рассчитать расстояние по оценкам, которые были приведены от молодого льда до пространства чистой воды, то оно составляет около 2,4 км.

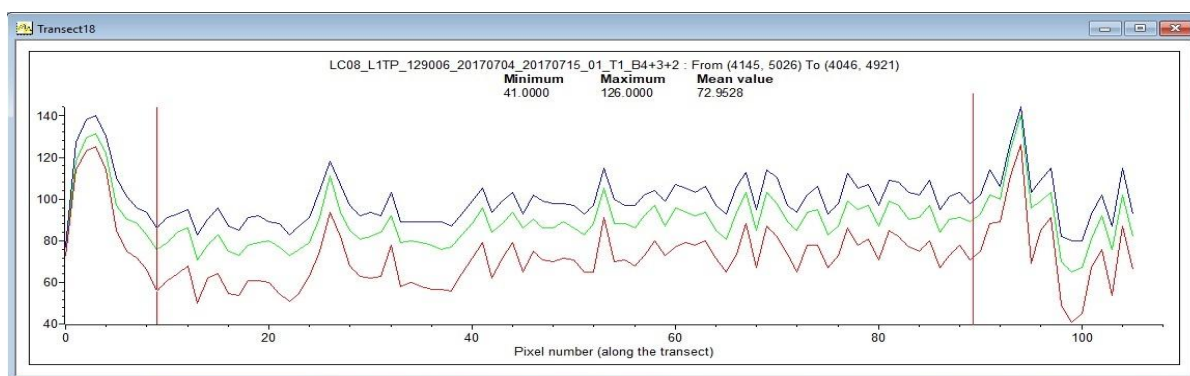


Рисунок 34 – Расстояние от берега до тонкого льда

Чтобы сравнить свои результаты, можно обратиться к portalу Arctic Data archive System (рисунок 35).

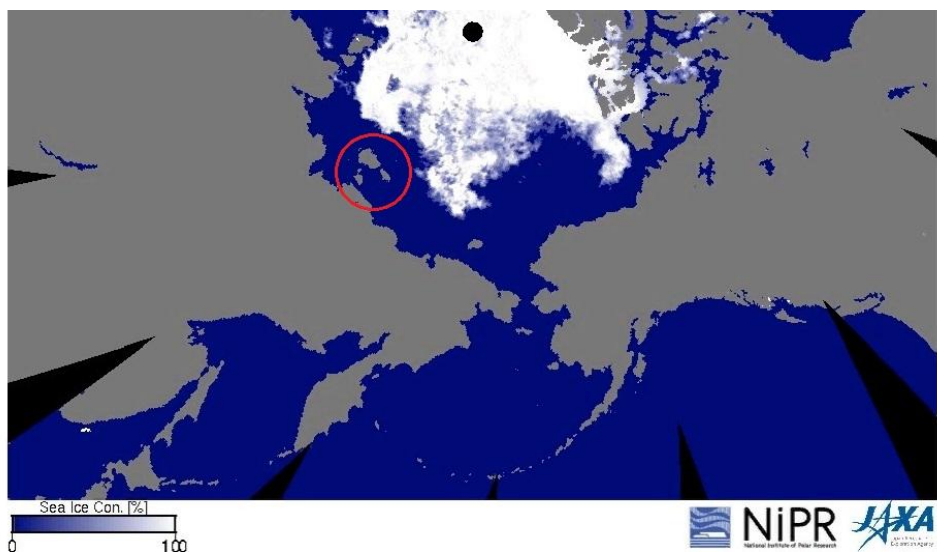


Рисунок 35– Сплоченность льда в Арктике 21.08.17г.

На данном изображении видно немного льда с западной части острова.

Проведенный анализ показал, что в начале июля существует неблагоприятная обстановка для навигации из-за торосов на льду, его многослойности и высокой сплоченности льда у острова Котельный.

Далее для снимков Sentinel-2 приведу примеры построения профилей ледовой обстановки в программе ScanMagic и расчет расстояний между льдинами на подходе к острову Котельный.

Наглядно видно по рисунку 36, что еще в июне ледовая обстановка моря Лаптевых довольно суровая. Залив Стахановцев отгорожен со всего побережья торосистыми образованиями со стороны моря, что затрудняет движение судов к острову Котельный.

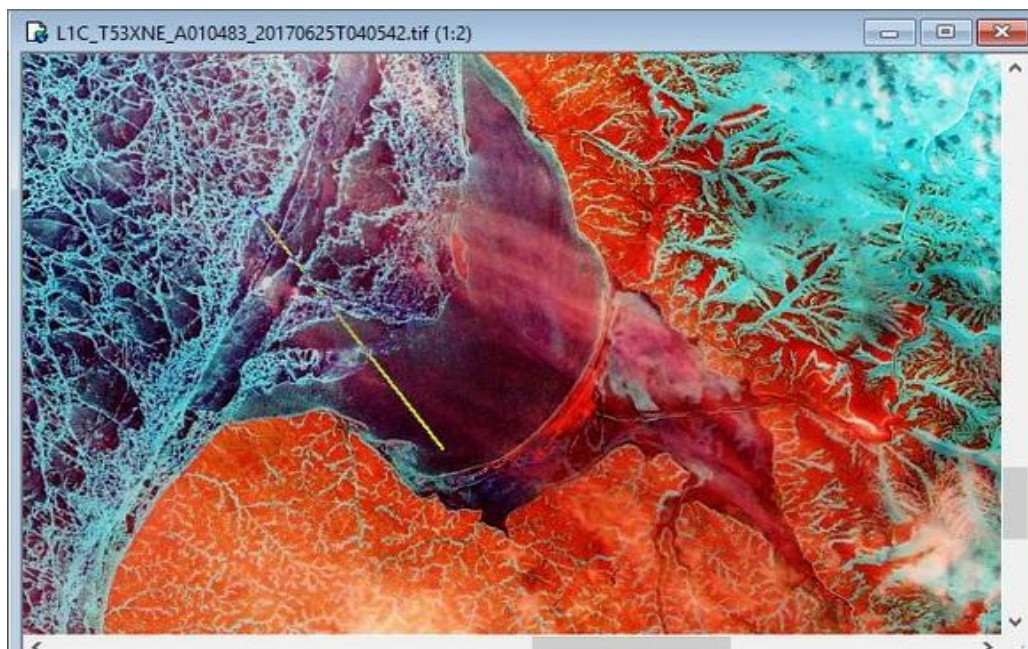


Рисунок 36 – Исследуемый участок с использованием контрастирования на снимке со спутника Sentinel –2

дата съемки 25 июня 2017 года

Если построить профиль, который изображен на рисунке 36, то можно увидеть следующее на рисунке 37:

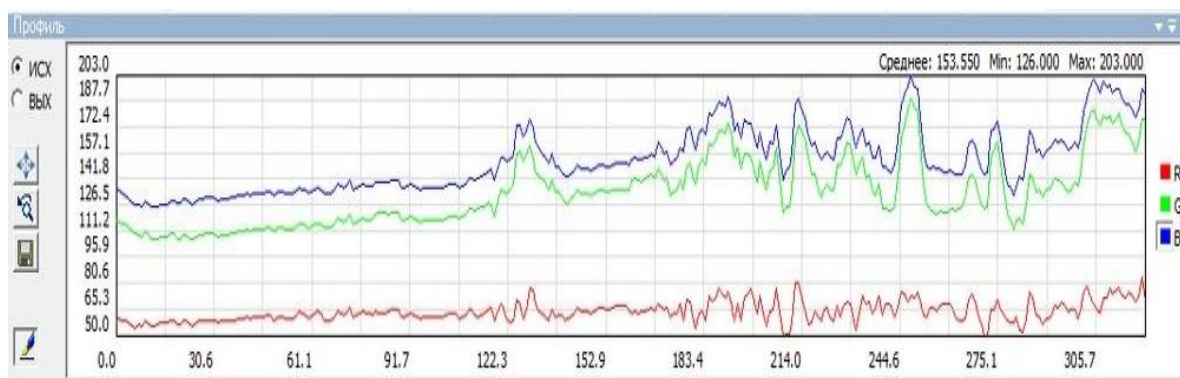


Рисунок 37 – Профиль льда прибрежной зоны острова Котельный

На полученном профиле значения яркости пикселей синего и зеленого более отчетливо показывают неоднородную структуру ледяного покрова, такую как возможные торосистые образования, бугры или снег на поверхности.

Для того чтобы отличить снежный покров на острове, выделить береговую линию и, например, отфильтровать облака при анализе, можно воспользоваться разными комбинациями каналов. В результате мы получаем изобра-

жение исследуемой местности при комбинации различных спектров (рисунок 38).

В этой комбинации проще отличить облака ото льда или снега на почве, которая отображается ярко зеленым цветом.

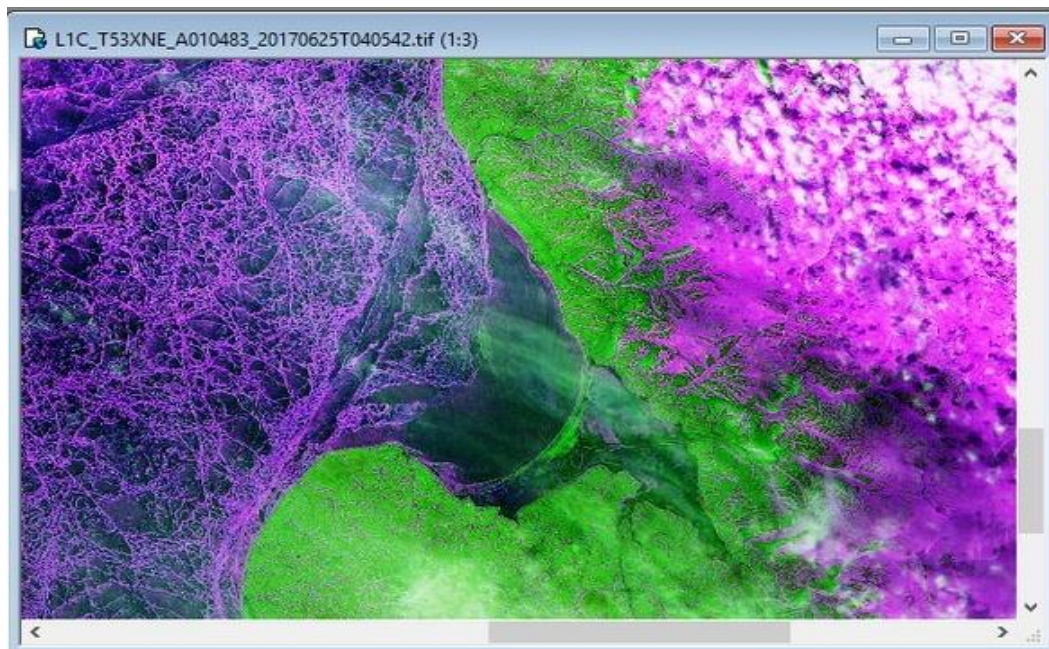


Рисунок 38 – Комбинация каналов (2–1–3)

Для сравнения можно использовать еще одну комбинацию каналов (рисунок 39), при которой лучше видно тонкий лед в прибрежной зоне, он выделяется светло-голубым оттенком на темной части воды, можно увидеть на поверхности острова так же оледенение и его структуру.

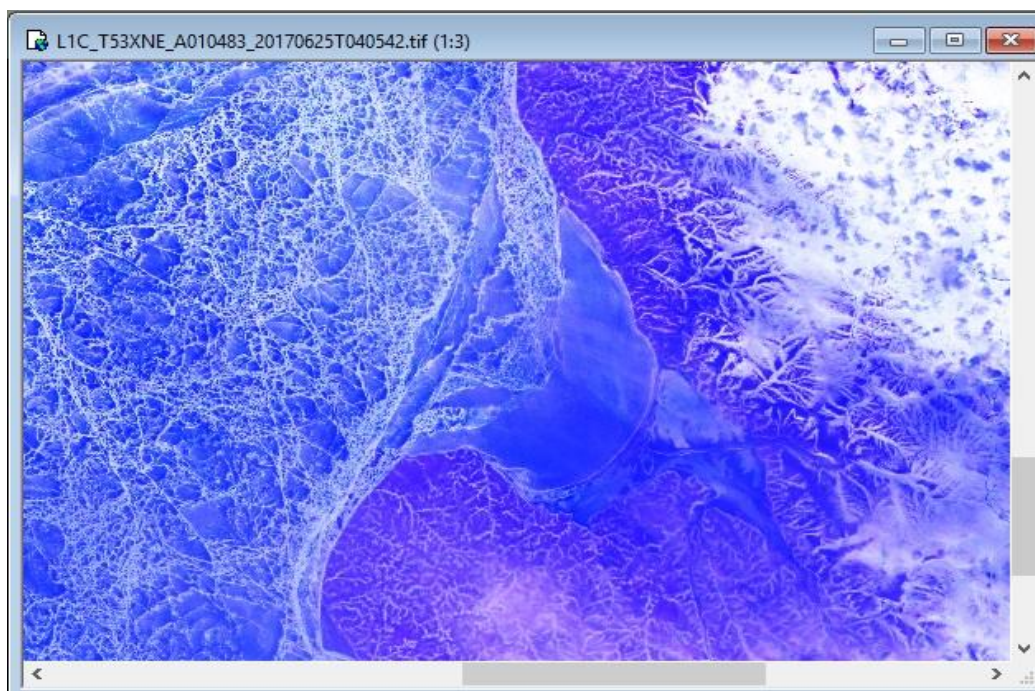


Рисунок 39 – Комбинация каналов (2–3–4)

Используя следующий снимок, полученный немного позже, можно увидеть, когда лед начал таять, появились дрейфующие льды, которые также мешают движению судов. Но, зная направление ветра, можно легко отследить дрейф льдов и выбрать безопасный подход к острову Котельный и при подходе к нему, не опасаясь непредвиденных ситуаций (рисунок 40).

Данная комбинация каналов (1–2–3) отображает наиболее естественные цвета для человеческого глаза и, применив контрастирование к изображению, чтобы увидеть более точные границы прибрежных льдов и береговой линии.

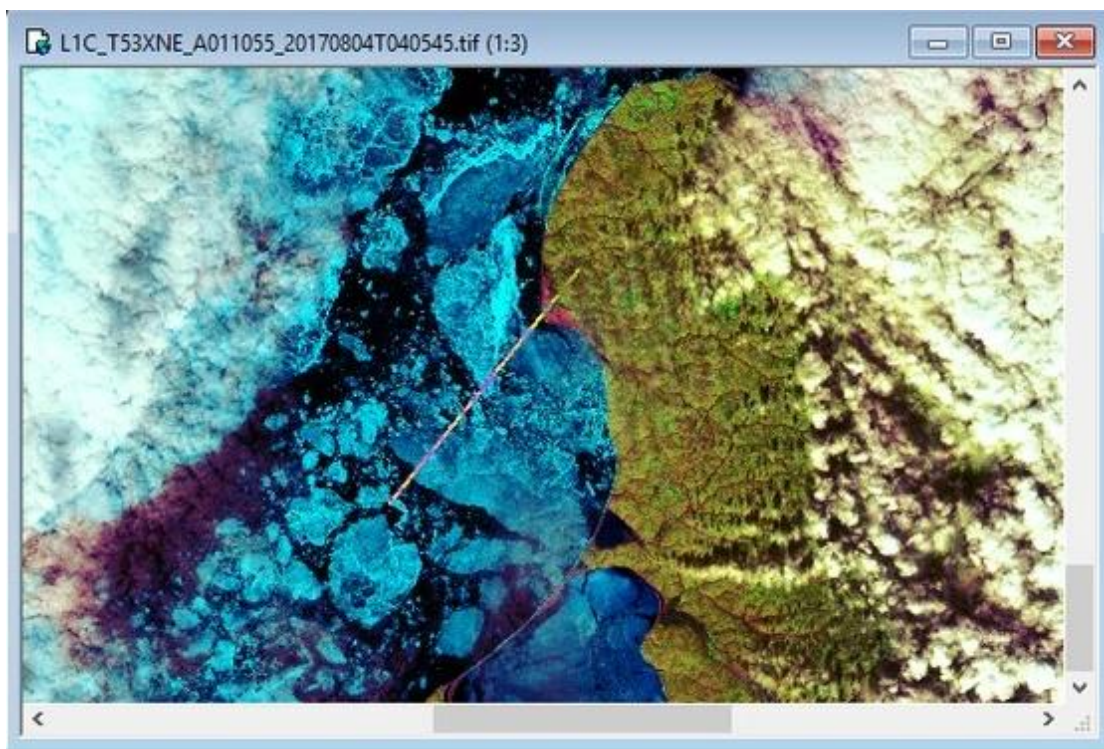


Рисунок 40 – Исследуемый участок с использованием контрастирования на снимке со спутника Sentinel –2

дата съемки 8 августа 2017 года

Если построить профиль льда, который изображен на рисунке 40, то можно увидеть следующее на рисунке 41:

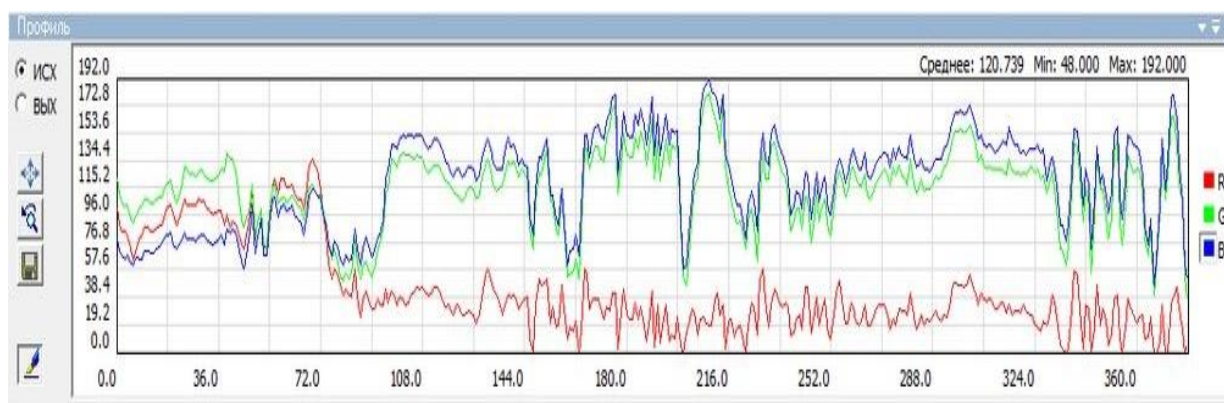


Рисунок 41 – Профиль льда прибрежной зоны острова Котельный

На полученном профиле видно резкие перепады линий синего и зеленого канала, которые показывают наличие трещин в льдинах, неоднородность поверхности.

Используя построенный профиль, можно посчитать ширину трещин во льду или расстояние между ними. Полученные результаты можно использовать для расчета направления дрейфа льдин в прибрежной зоне.

Для расчета расстояния между льдинами нужно знать пространственное разрешение прибора. Так как используется Sentinel-2, то разрешение 2-4 каналов составляет 10м.

На профиле нужно рассчитать расстояние между значениями пикселей (рисунок 42).

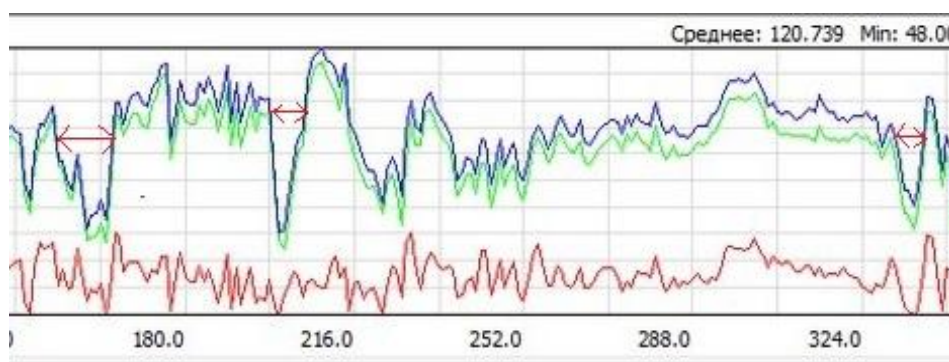


Рисунок 42 – Пример расчета расстояний между льдинами

Расстояние между первыми льдинами равно 110м, так как расстояние между значениями пикселей равно 11, умножаем это значение на пространственное значение 10 и получаем расстояние в метрах.

Второе расстояние считается по тому же принципу и равно 80м.

Третье расстояние равно 60м.

Если использовать другую комбинацию каналов, указанную на рисунке 43, показав изображение в псевдоцветах, становится отчетливее видно береговую линию, облаков, разновидности почв и их структуру, очертания песчаных пляжей на подходе к острову.

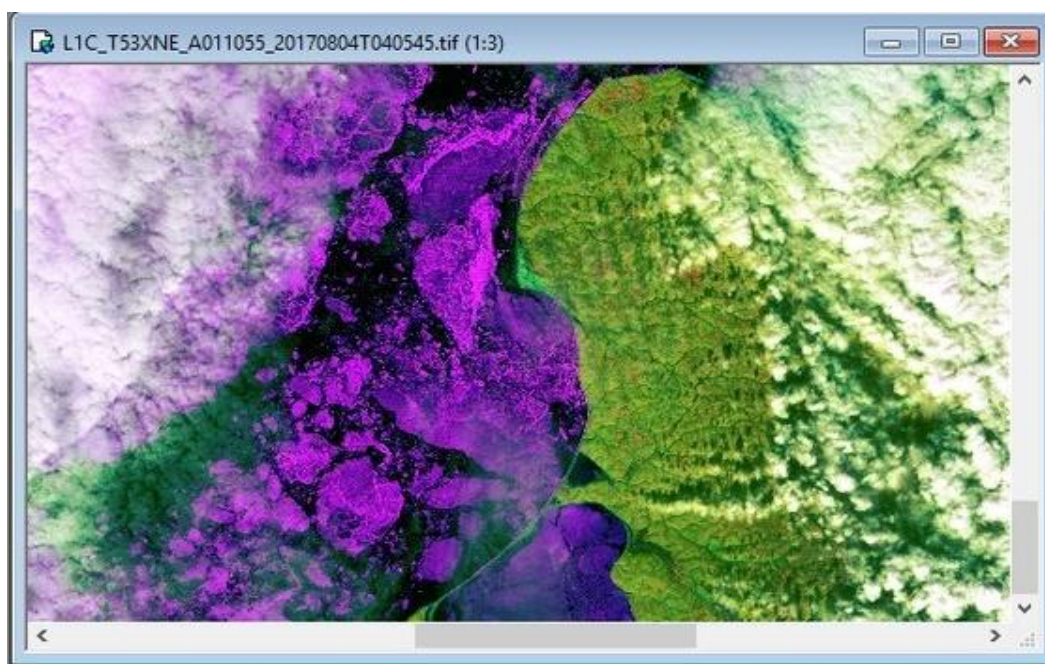


Рисунок 43 – Комбинация каналов (2–1–3)

Для сравнения можно использовать еще одну комбинацию каналов (рисунок 44), при которой лучше видно дрейфующий лед в прибрежной зоне, характерные границы и размеры ледяных полей.

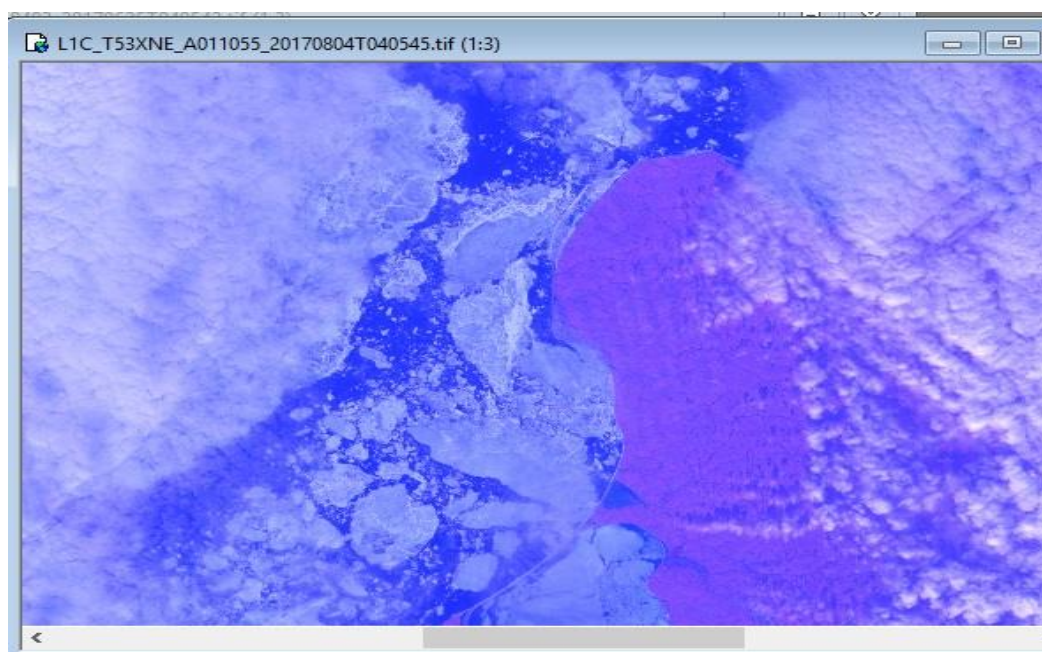


Рисунок 44 – Комбинация каналов (2–3–4)

Выводы

В практической части описывается, как можно использовать полученные данные со спутников Landsat– 8 и Sentinel–2, и по ним сделать описание характеристик исследуемого района с помощью различных программных комплексов, таких, например, как ScanMagic и ЮНЕСКО БИЛКО.

Для оценки ледовой ситуации в восточной части моря Лаптевых в разные периоды времени по данным снимков спутника Sentinel–2, были построены профили, рассчитано расстояние между льдинами, что дало представление о размерах дрейфующего льда и также для планирования условий навигации и работы техники. Для сравнения характеристик поверхностей почвы, водной части моря и льда использовались разные комбинации каналов.

Чтобы показать различия между использованием разных спутников, примерно в то же время рассматривались снимки спутника Landsat–8. Построив разрезы поверхности льда, была рассчитана его сплоченность. На основании информации, полученной из гистограмм, была рассчитана площадь поверхности, покрытой льдом, и площадь выбранной льдины, что позволило получить реальное представление об исследуемом районе.

Так же были рассмотрены снимки в разные месяцы, что точно доказывает в какой период возможно безопасное плавание к острову.

Из всех снимков можно составить направление дрейфующего льда, опираясь на метеорологические характеристики возле исследуемого района Арктики, в частности, возле острова Котельный, что обеспечивает нас достаточными знаниями и информацией. А опираясь на нее, можно сделать выводы и принять решение исходя из поставленных задач.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При рассмотрении вопросов, которым посвящена данная выпускная квалификационная работа, можно отметить, что преимуществом системы дистанционного зондирования Земли является скорость, доступность и эффективность получения данных.

Перед тем как обращаться к программным ресурсам и анализировать продукты дистанционного зондирования, например, изображения со спутников, нужно иметь представление об исследуемом районе. Его климатические особенности и возможная труднодоступность, если не брать эти показатели в расчет, могут повлиять на результаты проделанной работы.

При разработке выпускной работы достигнута поставленная цель, а именно, обеспечение пользователя информацией об одном из наименее изученных арктических регионов, в районе острова Котельный, для дальнейшего исследования и использования данной информации, с помощью можно экономически выгодно и быстро исследовать обстановку в данном районе.

В ходе выполнения работы был проведен анализ, и обобщение навигационного обеспечения информацией в Арктическом регионе, дана краткая характеристика острова Котельный и омывающим его море Лаптевых, а также направление дрейфа льдов в этой области, была рассчитана площадь поверхности льда и его сплоченность для дальнейшего решения проблем доступа к острову.

Решенными задачами выпускной квалификационной работы являются:

1. Приведенные сведения об острове Котельный, который до последнего времени оставался практически неисследованным. В данной теоретической части было описано географическое местоположение острова Котельный, методом наложения снимка спутника Landsat 8, с помощью данных Геологической службы США USGS «(U.S.Geological Survey)», что дало нам представление о каком конкретно районе пойдет речь.

Также были рассмотрены характеристики спутников Landsat–8 и Sentinel–2 и используемые диапазоны регистрации приборами. Тем самым

описана используемая информация, актуальность обеспечения которой возросла к недавнему времени в связи со строительными работами по восстановлению военной базы и аэродрома Темп на острове Котельгый.

2. Были приведены общие характеристики программных комплексов для обработки информации. Их использование позволяет обрабатывать изображения, полученные со спутников, выполнять географическую привязку, делать профили на водных объектах, что важно для анализа данных дистанционного зондирования Земли. Исходя из этих операций, можно сделать вывод, что с их помощью можно получить детальную информацию об исследуемом труднодоступном районе Арктики у острова Котельный. А пример доступа к ней, обработки и конкретного применения может использоваться для других районов полярных широт.

3. Все характеристики указывают на суровые климатические условия исследуемого района, что важно для анализа полученных данных и для выявления последовательности реализации задачи информационного обеспечения.

Поэтому описанные характеристики и указания на такие редкие явления, как едомные толщи, следует учитывать при планировании условий навигаций в исследуемом районе. Опираясь на эти знания, можно соотносить полученную информацию со спутников и делать прогноз для плавания судов у острова Котельный и для подхода к острову с запада.

Район исследования соседствует с судоходной трассой Северного морского пути, Информация о нем важна для использования в хозяйственных целях для перевозки грузов и доставки их в отдаленные части России, а также транспортных перевозок между Европой и Юго-восточной Азией.

4. В практической части работы описано, как полученные данные спутников Landsat– 8 и Sentinel–2 используются для описания характеристик исследуемого района с помощью различных программных комплексов, например, таких, как ScanMagic и ЮНЕСКО БИЛКО.

На примере снимков спутника Sentinel–2 были построены профили для оценок ледовой ситуации в восточной части моря Лаптевых в разные периоды

времени. Оценки размеров льдин и трещин во льду, расстояний между льдинами позволило получить представление о размерах дрейфующего льда, их опасности для навигации планирования перевозки дорогостоящей техники.

Сравнительная оценка данных спутника Landsat-8, приведенные разрезы на поверхности льда, рассчитанная сплоченность дали возможность пользователю получить реальное представление об исследуемом районе, а также более точно выбрать условия выгодного и безопасного плавания к острову.

Характеристики дрейфующего льда в сочетании с метеорологическими данными у острова Котельный обеспечивают достаточными знаниями и информацией, чтобы, опираясь на нее, сделать выводы и принять решение исходя из поставленных задач навигации. Приведенные примеры могут быть использованы для оценок благоприятных условий в других районах Арктики.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

-
- [1] Министерство экономического развития Российской Федерации 19.05.2016 № 14605–АЦ/Д29и. О перечне приоритетных проектов, реализуемых на территории Арктической зоны Российской Федерации Поручение Правительства Российской Федерации от 21 апреля 2016 г. № РД–П16–2680 (пункт 3)
- [2] Тужилин Н.А. Мир вокруг тебя. «Крым», Симферополь. 1966 г. 199 с.
- [3] Белов М. И. По следам полярных экспедиций. Гидрометеиздат, 1977. –144 с.: ил. + 32 с. вкл.
- [4] Токарева О.С. Обработка и интерпретация данных дистанционного зондирования: учебное пособие. — Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012г. 148 с.
- [5] Сычёв В.И. Практическое использование спутниковых изображений по результатам дистанционного зондирования Земли из Космоса. Ч.4. Введение в анализ спутниковых данных с помощью интегрированной системы анализа спутниковых изображений ЮНЕСКО БИЛКО. – Майкоп: ИП Кучеренко В.О. – 2016.
- [6] [Landsat 8 Satellite Begins Watch](#). NASA (30 мая 2013г.)
- [7] Руководство пользователя Landsat8. [электронный ресурс]: –URL: <http://landsat.usgs.gov/l8handbook.php/> –Version2.0. March29, 2016 –98 p. (дата обращения: 5.10.2018).
- [8] Данные программы Landsat 8 (LDCM). [Электронный ресурс]/ – Электронные текстовые данные.– Скан Экс, 2015г.–Режим доступа : <http://www.scanex.ru/ru/data/default.asp?submenu=landsat8&id=index>, свободный.
- [9] NASA Landsat Data Continuity Mission Brochure https://landsat.gsfc.nasa.gov/pdf_archive/20101119_LDCMbrochure.pdf (дата обращения 06.05.2018)
- [10] Сервис СОВЗОНД – научно–исследовательская компания, предоставила информацию по спутникам. Режим доступа [https://sovzond.ru/_/](https://sovzond.ru/)– свободный. Дата обращения 10 мая 2018 года.

-
- [11] <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/c-missions/copernicus-sentinel-2>
- [12] <http://pro.arcgis.com/ru/pro-app/help/data/imagery/satellite-sensor-raster-types.htm>
- [13] Европейская программа GMES и перспективная группировка спутников ДЗЗ Sentinel. 09.04.2014. Б.А. Дворкин
- [14] Сервис USGS (U.S.Geological Survey) – архив спутниковых данных спутников Landsat-8 и Sentinel-2 . Режим доступа <https://earthexplorer.usgs.gov/> свободный. Дата обращения 14 мая 2018 года.
- [15] ИТЦ «СканЭкс» SCANMAGIC – программа обработки изображений. Руководство пользователя, Москва 2009 г. 127 с. www.scanex.ru.
- [16] Александрова В.Д. Геоботаническое районирование Арктики и Антарктики. Л., 1977г. 203с.
- [17] Гудкович З.М., Кириллов А.А., Ковалев Е.Г., Сметанникова А.В., Спичкин В.А. Основы методики долгосрочных ледовых прогнозов для арктических морей. Л.: Гидрометеиздат, 1972. 348 с.
- [18] М.В. Крыленко, В.В. Крыленко Научное обеспечение сбалансированного планирования хозяйственной деятельности на уникальных морских береговых ландшафтах и предложения по его использованию //Моря арктического бассейна Т. 4 [электронный ресурс] – электронные текстовые данные – режим доступа: URL <http://www.ocean.ru/content/view/1892/41/>
- [19] Купреянов А.Б. Исследование и освоение Канадского Арктического архипелага за последние 20 лет // Летопись Севера. М., 1962г. 82с.
- [20] Шахова Н.Е., Никольский Д.Ю., Семилетов И.П., О современном состоянии подводной мерзлоты на Восточно–Сибирском шельфе: тестирование результатов моделирования данными натурных измерений // Доклады Академии наук. 2009. Т. 429. №4. 541с.

-
- [21] Карклин В.П., Карелин И.Д., Юлин А.В., Усольцева Е.А. Особенности формирования припая в море Лаптевых // Проблемы Арктики и Антарктики. 2013. № 3 (97). С. 5–14.
- [22] Гордиенко П.А. Припайные льды арктических морей. Л.: Гидрометеоздат, 1971. Ч. I. 176 с
- [23] Карелин И.Д., Карклин В.П. Припай и заприпайные полыньи арктических морей сибирского шельфа в конце XX – начале XXI века. СПб.: ААНИИ, 2012. 180 с.
- [24] Романов И.П. Ледяной покров арктического бассейна. Л.: Гидрометеоздат, 1991. 212 с
- [25] Meyer H., Dereviagin A., Siegert C., Schirmmeister L., Hubberten H.-W. Palaeoclimate reconstruction on Big Lyakhovsky Island, North Siberia – hydrogen and oxygen isotopes in ice wedges // Permafrost and Periglacial Processes. 2002. Vol. 13. P. 91–105.
- [26] Втюрин Б.И., Болиховский В.Ф. Едома: проблемы, загадки / Полярный круг. 1980. - С. 265-271.
- [27] Сычев В.И. Ледовые условия у архипелага Новая Земля в последние 40 лет и из документов А.П.Лазарева и Ф.П.Литке в 1819-1824 гг. // Труды V Международной научно-практической конференции «Морские исследования и образование (MARESEDU-2016)»: – М.: Феория. – 2016. – С.97-101.
- [28] Котюх А.А. Отображение на картах отдельных форм рельефа шельфа. // Вестник ЛГУ. Серия Геология, география. – 1978. – № 18 – С. 78–86.
- [29] Филиппов В.В., Жуков М.А. Проблемы экономического развития арктической зоны Российской Федерации // НЭП – XXI век. Наука Экономика Промышленность. 2006. № 2. С. 19–22.
- [30] Липков Л.З. Средства транспорта на острове Котельном, рассказ, Калгари, Канада, 1999–2000
- [31] Залогин Б. С., Косарев А. Н. Моря. М., 1999