Министерство образования и науки Российской Федерации федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ» (РГГМУ)

Допущен к защите

Кафедра океанологии

Зав. кафедрой д.ф.-м.н., профессор

В.А. Царёв

17.06.2016

# ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

«Изучение динамики изменения береговой линии Балтийского моря в районе Куршской косы с использованием спутниковой информации»

Выполнил

Благовещенский

Егор Васильевич

rp. O-55

Руководитель

ассистент,

Фролова Наталия

Сергеевна

# Министерство образования и науки Российской Федерации федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ» (РГГМУ)

Допущена к защите	Кафедра океанологии
Зав. кафедрой д.фм.н., профессор	
В.А. Царёв	
06.2016	

# ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

«Изучение динамики изменения береговой линии Балтийского мора в районе Куршской косы с использованием спутниковой информации»

Выполнил Благ

Благовещенский

Егор Васильевич

гр. О–55

Руководитель

ассистент, Фролова Н.С.

Санкт-Петербург 2016

# Содержание

Сокращения и обозначения
Введение
1. МЕТОДЫ И СРЕДСТВА СЛЕЖЕНИЯ ЗА ИЗМЕНЕНИЕМ БЕРЕГОВОЙ ЛИНИИ
1.1 Физико-географические особенности района исследования8
1.1.1 Географическое положение
1.1.2 Физико-географические условия
1.1.3 Строение Куршской косы и история ее формирования11
1.2. Исходные данные для работы
1.2.1 Общая характеристика спутника Landsat 8
1.2.2. Технические характеристики бортовой аппаратуры21
1.2.3 Приборы на спутнике Landsat8
1.2.4 Организация доступа к данным
1.2.5 Интерфейс геоинформационной системы EarthExplorer27
2 ПРАКТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБЪЕКТОВ35
2.1 Общая информация о программе UNESCO Bilko
2.1.2 Процесс комбинации спектральных каналов в программе Bilko36
2.1.3 Основные комбинации спектральных каналов
2.2 Географическая привязка

2.2.1	Процесс	географи	ическои	привязки	полученных	данных	В	программе
Bilko								47
2.3. O	сновы кла	ассифика	ция без с	бучения (	кластеризации	ı)		49
3.	РЕАЛИЗ.	АЦИЯ	ВЫБР	АННОГО	МЕТОДА	ДЛЯ		РАЙОНА
ИССЈ	ТЕДОВАН	RИН						55
3.1. П	Іринципы	обработк	и спутни	іковых изс	бражений			55
3.2 Pe	еализация	метода об	бработки	і снимков	при помощи р	азрезов		56
ЗАКЛ	ІЮЧЕНИІ	Ε	•••••					60
Спис	ок использ	зованных	источни	іков			· • • • •	62

# Сокращения и обозначения

ДЗЗ – дистанционное зондирование Земли

ИК – инфракрасный (диапазон)

КС – космический снимок

МГК – метод главных компонент

МП – метод прямоугольников

ПП – программный продукт

ЦМР – цифровые модели рельефа

ISODATA – IterativeSelf-OrganizingDataAnalysisTechnique/ Итерационная самоорганизующаяся методика анализа данных

TIRST – hermalInfraRedSensor/ Тепловой инфракрасный датчик

NDVI (Normalized Difference Vegetation Index - нормализованный относительный индекс растительности

#### ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы работы обусловлена тем, что:

Береговая зона морей и океанов — один из динамично развивающихся природных образований, на ее формирование оказывают влияние климатические факторы, гидродинамические условия моря, геолого-геоморфологические условия побережья, техногенные факторы и др.

С изменением уровня Мирового океана в условиях глобального потепления климата проблема изучения динамики береговых границ морей как в России, так и за рубежом становится особенно актуальной.

В последние десятилетия отмечается возросшее разрушение берегов морей России вследствие активизации природных и техногенных процессов, своевременного усложняет задачу проведения природоохранных мероприятий, выбора средств берегозащиты. методов И Bo время экстремальных штормов (более 7 баллов) повторяемостью один раз в 5-7 лет увеличилась интенсивность разрушения берегов в Балтийском море до 4-6 м в год. При этом смывается от 1,5 до 3 млн м<sup>3</sup> грунта и песчаных наносов, а в отдельные экстремальные шторма — до 6-10 млн м<sup>3</sup> рыхлого материала. В результате интенсивных разрушений часть зданий и построек на берегу в Зеленоградске, Пионерском, Светлогорске, поселках Отрадное городах Филино, Рыбное, Донское находятся в опасной зоне. Однако в большинстве случаев нарушение естественного состояния режима морских берегов и, как следствие, изменение береговых границ связывают c техногенными воздействиями. Строительство любых гидротехнических сооружений, добыча строительных материалов и отвал горных пород при добыче полезных ископаемых, функционирование рекреационных зон оказывают определенное влияние на динамику берега и чаще всего негативное. С изменением технологии янтарного производства на Балтийском побережье современная динамика морского берега в значительной степени зависит от сбросов в прибрежную зону рыхлого материала из карьеров Янтарного комбината.

Для разработки мероприятий по контролированию береговых процессов и принятия управленческих решений с целью сохранения и геоэкологической защиты пляжных территорий требуется проведение исследования изменения береговой зоны.

Традиционные методы топографической съемки не состоянии оперативно отобразить информацию изменчивости береговых границ и во уступают современным дистанционным методам. Большая многом протяженность береговой линии Балтийского моря обусловливает особую географических важность применения дистанционных методов И информационных систем для изучения береговых процессов. В основ ном в дистанционных исследованиях береговой зоны используются космические снимки. К аэрофотосъемке и лазерному сканированию из-за их высокой стоимости прибегают в единичных случаях при детальных исследованиях береговых и подводных процессов. Преимущество применения современных космических снимков (КС) высокого разрешения состоит в том, что при сопоставимых с аэрофотосъемкой величинах пространственного разрешения КС обеспечивает значительно больший по площади охват территории.

Кроме того, в последние годы благодаря прогрессу в развитии информационно-космических технологий существенно возросло пространственное разрешение КС, что создает возможность детально изучать изменения береговых процессов.

Снимки с высоким пространственным разрешением (0,5-0,8 м) можно получать со спутников :

Иконос (Ikonos) с 1999 г.,

Квикбёрд (QuickBird) с 2001 г.,

Ворлдвью (WorldView) с 2007 г. и т. д.

Небольшой архив снимков высокого разрешения по временному охвату, а также высокая стоимость не позволяют их использовать в изучении многолетней динамики береговых границ. По этой причине в дистанционных

исследованиях преимущественно обращаются к снимкам со спутников Ландсат (Landsat) с более чем 35-летним архивом данных. Дистанционное исследование береговой зоны, как правило, ограничивается качественным анализом изменения состояния, а количественных оценок недостаточно, что определило актуальность настоящей работы, направленной на получение количественных оценок динамики береговой линии (площади, скорости абразии/аккумуляции берегов) и разработку методики их изучения на основе данных дистанционного зондирования.

**Целью** бакалаврской работы является разработка метода оценки динамики береговой линии Балтийского моря в районе Куршской косы.

На основе поставленной цели в работе решаются следующие задачи:

- 1. Получение композитных изображений в различных комбинациях спектральных каналов и анализ этих изображений;
- 2. Анализ практических методов распознавания объектов на космических снимках;
- 3. Построение разрезов через выбранные точки на Куршской косе и анализ полученных результатов;

Результаты работы:

За период с 08.09.2013 по 03.06.2016 г. проведена оценка изменения площади береговой зоны на тестовых участках. Показано, что на всем протяжении береговой линии преобладают абразионные процессы над аккумулятивными. Суммарная площадь потерь на тестовых участках ежегодно изменяется от 10 до 30 метров в год при аккумуляции от 10 до 20 метра в год в среднем по всем тестовым участкам. Абразионные процессы ниаболее вырожены в приближенной к материковой части Куршской косы.

1 МЕТОДЫ И СРЕДСТВА СЛЕЖЕНИЯ ЗА ИЗМЕНЕНИЕМ БЕРЕГОВОЙ ЛИНИИ

#### 1.1 Физико-географические особенности района исследования

#### 1.1.1 Географическое положение

Куршская коса представляет собой длинный (98 км) и узкий (0,35 – 3,8 км) песчаный полуостров, площадью 16 тыс. га. Расположенный на юговосточном побережье Балтийского моря и протянувшейся слабо вогнутой дугой с юго-запада на северо-восток от г. Зеленоградска до литовского г. Клайпеды, отделяя Куршский залив от Балтийского моря.

Куршская коса — самая крупная на Балтике аккумулятивная песчаная форма с линейными дюнами валообразного типа. Примерно пополам Куршскую косу делит государственная граница. Южная часть полуострова относится к Зеленоградскому району Калининградской области Российской Федерации; северная его часть принадлежит Литве. Национальный парк "Куршская коса" (далее — национальный парк, или НП) расположен в Зеленоградском районе Калининградской области и занимает южную часть Куршской косы, ограниченную географическими координатами: 54°57′ - 55°17′ северной широты и 20°32′ - 20°58′ восточной долготы.

Национальный парк создан постановлением Совета Министров РСФСР от 06.11.1987 № 423 «О создании национального парка «Куршская коса» в Калининградской области». Площадь территории национального парка составляет 6621 га, включая 351 га земель сторонних собственников и пользователей, включенных в границы национального парка без изъятия из хозяйственной эксплуатации.[1]

Охранная зона национального парка не утверждена. В границах национального парка расположены 3 населенных пункта: поселки Лесной,

Морское, Рыбачий. Расстояние территории национального парка от областного центра (г. Калининград) – 32 км; от международного аэропорта «Храброво» – 15 км, от ближайшей железнодорожной станции – 5 км.

Куршской Ценность уникальность косы признана мировым сообществом. В 2000 г. трансграничный российско-литовский объект «Куршская коса» в качестве уникального культурного ландшафта был включен в Список Всемирного наследия как "наглядный пример традиционного человеческого поселения или землепользования, характерного для культуры, в особенности если она (культура) разрушается под воздействием необратимых перемен". Коса была расценена как "исключительный пример ландшафта, состоящего из песчаных дюн и находящегося под постоянной угрозой со стороны естественных сил, таких как ветер и вода. После разрушительного вмешательства человека, угрожавшего существованию косы, путем начатых в XIX в. И продолжающихся по сей день работ по стабилизации и охране, она была восстановлена". Таким образом, территория Куршской косы официально находится под защитой Конвенции об охране всемирного культурного и ОТ ЮНЕСКО 16.11.1972 природного наследия Γ., которую ратифицировала в 1988 г. Национальный парк «Куршская коса» является членом международной федерации охраняемых территорий «Европарк» (Europark).[1]

# 1.1.2 Физико-географические условия

**Климат** Куршской косы промежуточный между морским и континентальным и характеризуется частой и интенсивной изменчивостью погоды, мягкой зимой и умеренно теплым летом. Зимой преобладает пасмурная погода с частыми осадками. Сильные морозы бывают редко и обычно непродолжительны. Весна прохладная, летом жаркая погода бывает редко и продолжается недолго. Осень тёплая, сырая и ветреная. Самыми холодными

месяцами года являются январь и февраль. Среднегодовая температура воздуха +7,0°С, абсолютный минимум -26°С (январь), абсолютный максимум +31°С (июнь). Среднегодовое количество осадков составляет 660 мм, максимум их приходится на период с октября по февраль. Снежный покров из года в год подвержен изменчивости: от практически полного отсутствия (2000, 2008 гг.) до постоянного высокого покрова между 30-60 см (2002, 2003, 2009-2011 гг.).

Решающим фактором развития процессов, нарушающих устойчивость природных комплексов Куршской косы, является ветер. Постоянно дующий ветер — характерная черта любой погоды на Куршской косе. Повторяемость штилевой погоды в целом за год составляет только 1% от всех измеренных случаев. Годичные розы ветров не вполне одинаковы, но постоянство главных черт сохраняется: все они симметричны относительно оси запад — восток, но ветры западных румбов обычно преобладают. Негативное влияние на природу Куршской косы оказывают сильные ветра со скоростью более 15 м/с. С 2000 по 2009 гг. отмечалось 67 таких штормов. Их количество непостоянно и изменяется от 2-3 (2002, 2003 гг.) до 8-11 штормов в год (2000, 2001, 2004, 2007-2009 гг.). [2]

*Гидрографическую сеть* полуострова составляют временно действующие ручьи и небольшие озера, самое крупное из которых - озеро Чайка у поселка Рыбачий, имеющее площадь 0,22 км2. В довоенное время на озере существовала колония чаек более 800 пар.

Второе по величине озеро Куршской косы — озеро Лебедь - расположено в 2 км севернее поселка Морское. Это озеро эолового происхождения, отделенное от Куршского залива небольшой песчаной перемычкой. Возникло во второй половине прошлого века, при смещении котловины эолового происхождения на область разгрузки грунтовых вод.

Формирование берегового песчаного бара, выпучивание пластичных лагунных илов и другие факторы стали условиями образования озера.

Коса с внешней стороны омывается Балтийским морем, с внутренней – Куршским заливом. В теплое время года температура воды Балтийского моря мало отличается от температуры воздуха.

Ледовый режим характеризуется большой неустойчивостью. В мягкие зимы лед не образуется или появляется у берега на несколько дней.

Куршский залив - мелководная лагуна, соединенная с морем узким Клайпедским проливом. Среднегодовая температура воды +5°C, в теплый период около +20°C, в отдельные годы достигает +25 – +27°C. Среднемноголетний уровень залива на 12 см выше уровня Балтийского моря. Залив – полу пресноводный; соленость зимой 1-3 %, летом – менее 0,5 % (соленость Балтийского моря – 7%). Зимой устанавливается ледяной покров толщиной до 65 см. [2]

## 1.1.3 Строение Куршской косы и история ее формирования

С геологической точки зрения полуостров Куршская коса представляет собой выдающийся объект последнего этапа эволюции Земли с высоким уровнем динамичности геоморфологических процессов. Как сама коса, так и прилегающая акватория на протяжении нескольких тысяч лет являются местом сопряжения и выклинивания разнообразных геологических формаций.

*Происхождение и формирование* Куршской косы тесно связано с историей развития Балтийского моря, неотъемлемой составной частью которого она является.

отступления последнего (Валдайского) После ледника современных Куршской косы и Куршского залива сформировалась волнистая моренная равнина, пересеченная холмистой грядой. В послеледниковый период котловину Балтики последовательно заполняли холодное Балтийское Ледниковое озеро, соленое Иольдиево море, теплое Анциловое озеро. Их береговые линии располагались нескольких километрах западнее

современной. Отложения этих древних бассейнов находятся ныне на дне Балтийского моря. Очертания древних береговых линий и обрывов (клифов), которые формировались в определенные наиболее стабильные стадии и фазы развития Балтийского моря, названы, в соответствии с этими стадиями, иольдиевой, анциловой, литориновой и др.

Последовавшая 6 тысяч лет назад крупная трансгрессия Литоринового моря, заполнившего полностью котловину Балтики — время зарождения Куршской косы. Высокий уровень Литоринового моря обусловил интенсивное разрушение берегов Самбийского полуострова и подводного склона.

Положение древних береговых линий, а также находки на дне моря северо-западнее Куршской косы остатков леса, реликтов эоловых дюн и моренных холмов свидетельствуют о том, что сравнительно недавно (6-10 тыс. лет назад) плато Рыбачий и другие участки Юго-восточной Балтики были сушей. Постоянное наступление на них Балтийского моря за 10 тыс. лет «съело» от 30 до 100 км материкового берега. Наименьшее отступление берегов было на Самбийском полуострове, так как оно частично компенсировалось вздыманием Самбийского блока земной коры, которое за 10 тыс. лет составило около 20 м при скорости 2 см в год. Блоки плато Рыбачий и Куршского залива, напротив, испытывали погружение, которое продолжается и сейчас и составляет около 1 см в год. За 10 тыс. лет, таким образом, эти блоки погрузились на глубину от 5 до 20 м. Примерно 8 - 8,5 тыс. лет назад к северовостоку от Самбийского полуострова и плато Рыбачий начали формироваться песчаные пересыпи и косы.[2]

Начальный период формирования кос, продолжавшийся около 3 тыс. лет, отличался сложными динамическими процессами. Поскольку суша продолжала отступать, мигрировали песчаные бары, отмели, косы и пересыпи. Постоянно меняя свои очертания, они переместились за 3 тыс. лет в юго-восточном направлении на 15-20 км.

Перемещение огромных масс рыхлого материала волнами и течениями вызвало его накопление у выступов островов моренной гряды (в районе поселков Лесной, Рыбачий, Морское), их постоянное разрастание и, наконец, слияние в единую мощную пересыпь, приобретшую со временем по законам гидродинамики форму вытянутой слабовогнутой дуги.

Геологическое строение Куршской косы определяется ее положением в пределах Балтийской синеклизы — западной окраины древней Восточно-Европейской платформы. Эта структура (прогиб-впадина) за длительное время своего существования накопила мощную (2,0-2,5 тыс. м) осадочную толщу различного возраста и состава.

В верхней трехсотметровой части этой толщи принимают участие меловые и четвертичные породы. В ее основании залегают коренные породы мела - глины, пески, песчаники, опоки с глауконитом, трепел. Их мощность составляет около 100 м.

На меловых осадках лежит четвертичная толща, образующая структурный цоколь Куршской косы. Она представлена ледниковыми (моренные валунные суглинки) и водно-ледниковыми (пески с гравием и галькой) отложениями, общая мощность которых составляет 80-100 м.

Верхняя, самая молодая послеледниковая часть осадочного чехла состоит из чередования пестрых по составу и различных по происхождению пород: озерных (пески, глина, сапропель), аллювиальных (пески, супеси, илы), лагунных (мергели, сапропели, алевриты, илы), болотных (торф), морских (пески) и эоловых (пески).

Эоловые и морские пески залегают непосредственно на дневной поверхности и являются "строительным материалом" современного рельефа Куршской косы.

Считается, что 5 тыс. лет назад, после окончательного затопления плато Рыбачий, коса приобрела форму и местоположение, близкие современным.

Острова, из которых она на тот момент состояла, постоянно меняли свои очертания и росли; меж островов образовывались песчаные отмели, берега и равнины, которые "перекрывали" морены по мере их погружения ниже уровня моря.

На поверхности островов с течением времени сформировалась песчаная равнина, а на ней – кочующие дюны, переносимые ветром. Рост и перемещение эоловых дюн и неравномерная нагрузка на основание косы привели к интересному геологическому феномену – выдавливанию из-под дюн лагунных осадков с древними моллюсками.

Тот факт, что около 4,5 тыс. лет назад кочующие дюны приостановили свое движение и дали начало параболическим дюнам, быстро покрывшимся растительностью, разные исследователи объясняют по-разному. Отмирание и накопление растительности привели к образованию лесной почвы — именно в ней археологами обнаружены следы пребывания первого человека.

Песчаная пересыпь еще и тогда не была единым образованием: достоверные геологические данные свидетельствуют, что было, по меньшей мере, четыре пролива, прорезавших косу в разных ее частях: Зеленоградский, Лесной, Ниденский (вполне возможно, он образовался на месте долины реки ПраНеман) и Клайпедский. Постепенное заиливание и зарастание древних проливов привело к образованию в местах соединения моря с заливом крупных залежей торфа, превративших песчаную пересыпь в песчано-торфяную косу, отделившую от Балтийского моря пресноводную лагуну. Начавшееся похолодание климата привело к сокращению растительного покрова Куршской косы, усилению ветровой эрозии и увеличению числа кочующих дюн, которые захоронили под собой старые лесные почвы.

Естественные процессы разрушения ландшафтов усилились человеком и привели к тому, что песок, слагающий полуостров, вновь пришел в движение. Куршскую косу, таким образом, надо считать памятником, в котором зафиксированы как природные события последних 8 тысяч лет, так и история разрушительной и созидательной деятельности человека.

Уникальность Куршской косы и прилегающей акватории прослеживается также и вглубь времен. Геологическая история этого региона, расшифрованная по данным глубокого бурения, показывает, что здесь на протяжении 520 млн. последних лет неоднократно возникали условия, близкие к современным. На месте Куршской косы в разные геологические периоды существовали песчаные бары и пересыпи - барьеры, разделяющие разнородные морские и лагунные осадки.

Фактором, влияющим на устойчивость косы, является состав осадков, слагающих ее тело и подстилающий фундамент. Наибольшую опасность представляют участки, где в местах расположения древних проливов развиты достаточно мощные залежи торфяников. Все эти участки слабоустойчивы, так как постоянно уплотняющиеся залежи торфа приводят к постепенному опусканию поверхности косы, вплоть до отметки ниже уровня моря. О том, что прежде проливов, прорезающих косу, было гораздо больше, море «помнит» и старается в них проникнуть. Одним из самых ранних упоминаний является свидетельство Вихдорффа (1919 г.): "на самом узком участке косы 29 ноября 1497 г. Возник кратковременный пролив, и весь Заркау (п. Лесной) должен был подняться и насыпать плотину". Несколько попыток прорыва косы было зафиксировано и в современное время.

Серьезную угрозу для Куршской косы представляют происходящие в последнее время такие изменения природной среды, как глобальное потепление и связанное с ним повышение уровня Мирового океана.

Четвертичный комплекс включает три водоносных горизонта. Самый верхний представлен грунтовыми водами, заключенными в эоловых и верхней части морских отложений. Глубина залегания их коррелирует с рельефом местности и составляет под дюнами десятки метров, под авандюной – до 10-15 м, на пальве – 0-3 м. Почвы косы очень молодые в связи с относительной

молодостью территории и с постоянно происходящими процессами перевевания. Около 15 % площади косы характеризуются избыточноувлажненными почвами с резкими изменениями степени увлажнения по сезонам и от года к году.[2]

**Почвенный покров** Куршской косы своеобразен. В границах национального паркавыделяется 5 типов почв, объединенных в 2 группы полно и неполноразвитых почв, а также подвижные перевеваемые пески, лишенные растительного покрова.

Полноразвитые почвы представлены подзолистыми, болотно-подзолистыми и болотными типами, занимающими более 65% площади парка; неполноразвитые почвы встречаются на 15% площади парка; 20% — приходится на современные перевеваемые пески.

На Куршской косе почвообразующими породами являются эоловые кварцевые пески различного (от тонкого до крупно зернистого) гранулометрического состава. Их мощность различна и колеблется в широких пределах (от 0,5 до десятков м). Исключение составляет массив бурых лесных почв, обязанных своим формированием валунным карбонатным суглинкам.

Подзолистые почвы представлены поверхностно подзолистыми и мелко подзолистыми разностями. Часто встречаются их задернованные и заторфованные варианты[1].

Общая площадь всех болотных почв невелика (около 3%). Они сформировались в основании косы и приурочены к низкой подтопляемой и сезонно затопляемой пальве с постоянно избыточным увлажнением. Здесь развиты почвы всех типов болот: верхового, переходного, низинного. Болотные верховые почвы занимают центральную выпуклую часть болота Свиное (Швентлунд) под сосново-березовым редколесьем с болотными кустарничками по сплошному сфагновому покрову.

Среди полнопрофильных почв особняком стоят бурые лесные оподзоленные культурные почвы в окрестностях п. Рыбачий. Их площадь не превышает 5%. Эти почвы сформировались на моренных карбонатных суглинках, залегающих с поверхности под дубравами. Освоенные с давних времен (не позднее 13 века) под пашню и сенокосно-пастбищные угодья, в течение многовековой культуры они «приобрели» мощный пахотный горизонт, высокое содержание гумуса (8-10%), реакцию близкую к нейтральной, высокую насыщенность основаниями.

Неполно развитые почвы (их площадь – 15%) – это почвы полузакрепленных песков на авандюнах и дюнных грядах, под травами песколюбами, ксерофитами, ивняками с пятнами мхов и лишайников. Почвы очень маломощные (до 20 см), содержание гумуса ничтожно (0,2-0,3%).

Почти на 20% площади НП "Куршская коса" почвенный покров не сформирован. На пляжах, многих участках авандюны и дюнных массивах, лишенных растительного покрова, за исключением единично рассеянных траводнолетников, господствуют современные эоловые и морские перевеваемые пески.

Пляжевые пески моря и залива — это, в основном, средне и мелкозернистые кварцевые пески с примесью акцессорных минералов — амфиболов, граната, глауконита, эпидота и др. Местами значительна примесь мелкой и средней гальки. Пески авандюны представляют собой наиболее молодую генерацию эоловых отложений, образовавшихся из морских пляжевых песков. Они преимущественно средне зернистые, палевого цвета. Их мощность определяется высотой авандюны от нескольких до 10-15 м.

Пески дюнных массивов претерпели более существенную длительную переработку, связанную с эоловыми и элювиальными процессами. Среди дюнных песков преобладают мелко зернистые разности, встречаются также тонко и средне зернистые. Цвет песков палевый и светло бурый.[2]

#### 1.2 Исходные данные для работы

Для решения задач, определенных техническим заданием, в рамках данной работы применены данные, полученные со спутника Landsat 8 (Рисунок 1), обработка которых произведена ПП UnescoBilko.

# 1.2.1 Общая характеристика спутника Landsat 8

Наименование КА Landsat-8

Страна США

Orbital Sciences

Corporation (OSC) (CIIIA;

быв. General

Разработчики DynamicsAdvanced

Information Systems);

Ball Aerospace (CIIIA)

Оператор NASA, USGS (США)

Дата запуска 11.02.2013

Ракета-носитель (PH) Atlas 5

Орбита: Солнечно-синхронная

высота, км 705

наклонение, град 98,2

период обращения, мин 98,9

количество витков в сутки 14,6

время пересечения 10:05

экватора,час

Срок	активного	5
существования, лет		J
Период	повторного	16
наблюдения, су	10	
Мощность, Вт		4300
Масса КА, кг		2623

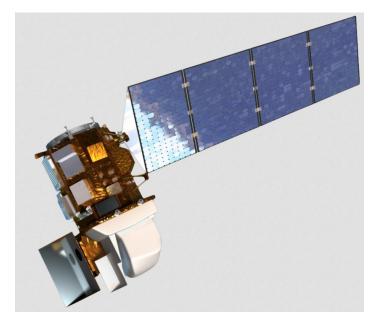


Рисунок 1 – Спутник **Landsat 8** 

# Спутник Landsat8

В отличие от предыдущих спутников программы, на Landsat8 (во время тестирования назывался Landsat Data Continuity Mission), собранном в Аризоне компанией Orbital Sciences Corporation, используется не сканирующее зеркало, а схема Push broom scanner с линейными датчиками (развитие системы OLI протестированной на спутнике Earth Observing-1. На рисунке 2 представлены спектральные диапазоны спутников Landsat.

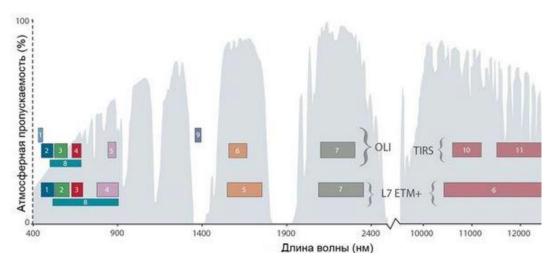


Рисунок 2 – Спектральные диапазоны спутников Landsat 7 и Landsat 8

Основные научные задачи, решаемые спутником Landsat 8:

- 1) Сбор и сохранение многоспектральных изображений среднего разрешения (30 метров на точку) в течение не менее чем 5 лет;
- 2) Сохранение геометрии, калибровки, покрытия, спектральных характеристик, качества изображений и доступности данных на уровне, аналогичном предыдущим спутникам программы Landsat;
- 3)Создание и обновление топографических и специальных карт вплоть до масштаба 1:200 000;
- 4)Обновление топографической подосновы для разработки проектов схем территориального планирования субъектов федерации;
- 5)Обоснование перспективных площадей под поисковые работы на нефть и газ, прогнозирование и выявление ловушек нефти и газа, потенциальная оценка их нефтегазоносности;
- 6)Поиск и обоснование перспективных площадей под поисковые работы на рудные и нерудные полезные ископаемые;
- 7)Мелкомасштабная лесная инвентаризация. Контроль лесопользования и мониторинг состояния лесов;

8) Сельскохозяйственное картографирование на уровне регионов, мониторинг состояния посевов, прогнозирование урожайности;

9) Автоматизированное создание карт растительности, ландшафтов и природопользования;

10) Мониторинг и прогнозирование процессов заболачивания и опустынивания, засоления, карста, эрозии, степных пожаров половодий

Спутник Landsat 8 получает данные, используя два набора инструментов: Operational Land Imager (OLI) и Thermal InfraRed Sensor (TIRS). Первый набор получает изображения в 9 диапазонах видимого света и ближнего инфракрасного излучения (ИК), второй набор — в 2 диапазонах дальнего (теплового) ИК . Спутник рассчитан на срок активного существования в 5,25 лет, однако запас топлива позволяет использовать его до 10 лет.[3]

# 1.2.2 Технические характеристики бортовой аппаратуры

Наименование съемочной аппаратуры OLI и TIRS

Панхроматический: 0,50-

0,68

Фиолетовый: 0,43-0,45

Синий: 0,45-0,52

Спектральные диапазоны, мкм Зеленый: 0,53-0,60

Красный: 0,63-0,68

Ближний ИК: 0,85-0,89

ИК: 1,36-1,39; 1,56-1,66;

2,10-2,30

Тепловой ИК: 10,40-12,50 6000 (OLI; 18000 PAN),

Число элементов линейки

1500 (TIRS)

Динамический диапазон, бит 12

Разрешение на местности, м 15 (PAN), 30

(VNIR,SWIR), 100 (TIR)

Ширина полосы съемки, км 185

Скорость передачи данных, Мбит/сек 265(OLI), 26,2(TIRS)

# 1.2.3 Приборы на спутнике Landsat 8

# Haбop инструментов Operational Land Imager (OLI) (Рисунок 2)

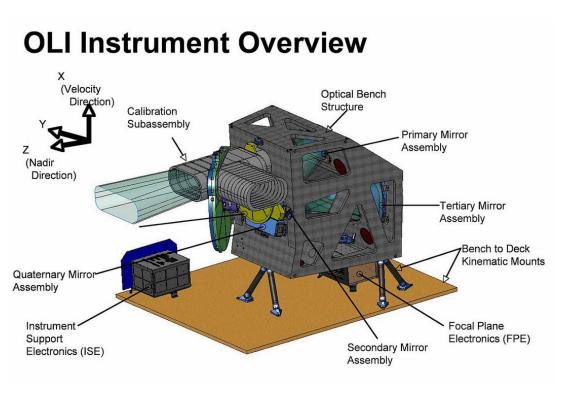


Рисунок 2 – Набор инструментов OLI.

Набор инструментов Operational Land Imager (OLI) является основным на спутнике. Создан в рамках контракта NASA в компании Ball Aerospace.

OLI использует подход, ранее опробованный на экспериментальном спутнике NASA, EO-1 (инструмент Advanced Land Imager).

В ОСІ используется схема *pushbroom*, тогда как в более ранних аппаратах Landsat использовалась схема *whiskbroom*. В схеме pushbroom используются длинные линейные массивы фотодатчиков, снимающие сразу всю ширину поля зрения спутника — 185 километров, тогда как в whiskbroom использовались небольшое количество фотоприёмников и дополнительное сканирующее зеркало. Новая схема требует применения более 6,5 тысяч детекторов для каждого спектрального канала (и 13 тысяч для панхроматического), однако имеет более высокое время экспонирования (4 мс вместо 10 мкс на ЕТМ+) и как следствие большую чувствительность, кроме того в ней используется меньшее количество движущихся частей.

OLI работает в 9 спектральных диапазонах, семь из которых близки к тем, которые использовались в более ранних инструментах Thematic Mapper (TM) и Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+) с предыдущих спутников Landsat, за счет чего обеспечивается преемственность и совместимость с ранее накопленным массивом данных Landsat. Добавлено два новых диапазона, канал 1 (темно-синий и фиолетовый) для изучения прибрежных вод и аэрозолей и канал 9 (ближний ИК) для упрощения поиска облаков на снимках.

#### **Инструмент Thermal InfraRed Sensor (TIRS)** (Рисунок 3).

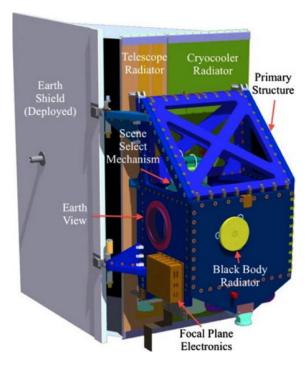


Рисунок 3 – Устройство Thermal Infrared Sensor.

Инструмент Thermal InfraRed Sensor (TIRS) был создан в центре NASA Goddard Space Flight Center и предназначен для получения изображений в дальнем ИК. В фокальной плоскости TIRS установлены фотодатчики Quantum Well Infrared Photodetector (QWIP) на базе GaAs. Инструмент TIRS использует тот же принцип получения изображений *pushbroom*, 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.

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 с специального радиатора.

Таблица 1 – Характеристика спектральных диапазонов спутника Landsat 8

Спектральный канал	Длины волн	Разрешение
Диапазоны OLI		
Канал 1 – Побережья и аэрозоли	0.433 - 0.453 мкм	30 м
Канал 2 - Синий	0.450 - 0.515 мкм	30 м
Канал 3 - Зеленый	0.525 - 0.600 мкм	30 м
Канал 4 - Красный	0.630 - 0.680 мкм	30 м
Канал 5 - Ближний ИК	0.845 - 0.885 мкм	30 м
Канал 6 - Ближний ИК	1.560 - 1.660 мкм	30 м
Канал 7 - Ближний ИК	2.100 - 2.300 мкм	30 м
Канал 8 - Панхроматический	0.500 - 0.680 мкм	15 м
Канал 9 - Перистые облака	1.360 - 1.390 мкм	30 м
Диапазоны TIRS		
Канал 10 - Дальний ИК	10.30 - 11.30 мкм	100 м
Канал 11 - Дальний ИК	11.50 - 12.50 мкм	100 м

Диапазон 1 относится к темно-синим и фиолетовым цветам. Синий цвет трудно различать из космоса, так как он хорошо рассеивается на пыли и частичках воды в воздухе, а также на самих молекулах воздуха. Диапазоны 2, 3 и 4 представляют собой видимые синий, зеленый и красный спектры.[3]

Диапазон 5 измеряет ближний инфракрасный спектр. Эта часть спектра особенно важна для экологов, поскольку вода в листьях здоровых растений отражает ее. Сравнивая с изображениями других диапазонов, получают индексы вроде NDVI (Normalized Difference Vegetation Index - нормализованный относительный индекс растительности - простой

количественный показатель количества фотосинтетически активной биомассы), которые позволяют точно измерять степень здоровья растений.

Диапазоны 6 и 7 покрывают разные участки коротковолнового ИК.

Они позволяют отличать сухую землю от влажной, а также скалы и почвы, которые выглядят похоже в других диапазонах, но отличаются в ИК.

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 Landsat8.

Он покрывает очень узкую полосу длин волн — 1370 нанометров. Немногие из космических инструментов регистрируют эту область спектра, поскольку она почти полностью поглощается атмосферой. Landsat 8 использует это как преимущество. Поскольку земля в этом диапазоне едва различима, значит все, что в нем ярко видно, либо 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 расхождения с другими. С помощью Диапазона 9 это легко отследить.

Диапазоны 10 и 11 — это тепловое ИК. Вместо измерения температуры воздуха, как это делают погодные станции, они измеряют температуру поверхности.

# 1.2.4 Организация доступа к данным

Принцип работы.

Сайт Earth Explorer использует традиционную для веб-программирования связку из PHP, Jquery и Mysql . Этой связкой обеспечивается возможность использования программы через любую операционную систему и устройство. Все вычисления и запросы обрабатываются на сервере. Пользователю

передаются результаты обработки в формате html, поэтому для использования программы необходим Веб-Браузер и подключение к интернету.

Язык РНР – это основное средство для программирования. С его проводятся обрабатываются помошью на сервере вычисления, пользовательские запросы, и переводятся в формат html полученные результаты. Исходный код в языке РНР является закрытым, что обеспечивает во первых полную защиту от копирования программы, а во вторых блокирует потенциальные сетевые атаки. Злоумышленник не может подменить сетевые пакеты или данные (Что является основным способом взлома программ). Он может работать только со входными и выходными данными. При правильном составлении программы и проверке данных на входе – программа становится полностью защищенной. [3]

## 1.2.5 Интерфейс геоинформационной системы EarthExplorer

EarthExplorer — это сервис USGS, через который осуществляется получение спутниковых данных. Главная страница сервиса представлена на рисунке 4.

Регистрация бесплатная и производится по адресу: https://earthexplorer.usgs.gov/register/.

Без регистрации получить отобранные данные будет невозможно, поэтому обязательно это сделайте заранее.[4]

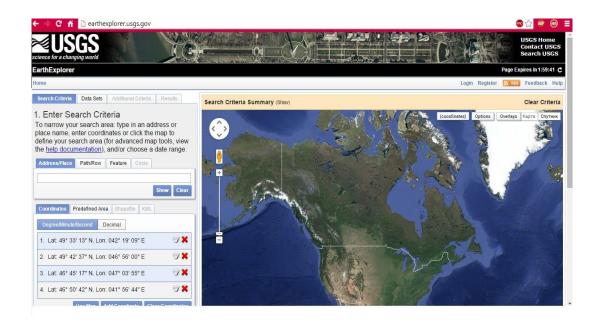


Рисунок 4 – Интерфейс EarthExplorer

После авторизации кнопка Login изменяется на кнопку Log out с помощью, которой можно выйти из состояния «авторизированный пользователь». Кнопка Register изменяется на кнопку с названием, которое соответствует имени пользователя, введенного при регистрации. Нажатие дублирует содержание кнопки Profile.

Profile – перенаправляет в личный кабинет пользователя, в котором предоставляется возможность просмотра, редактирования личных данных и т.д.

Feedback – обратная связь, перенаправляет на страницу на которой можно оставить сообщение, отзыв, репорт и т.д.

Help – перенаправляет на страницу с подробной справкой о работе с сайтом.

Savecriteria — кнопка позволяет сохранить введенные критерии для поиска, задав им имя. Сохраненные критерии можно просматривать в личном кабинете, также к ним можно обратиться нажав кнопку Manage Criteria.

Load Favorite – кнопка открывает список сохраненных критериев, помеченных как «Favorite», нужную группу критериев можно загрузить нажатием по имени сохраненной группы критериев.

На рисунке 5 представлена интерактивная карта сервиса Google, на которой выделена исследуемая область.

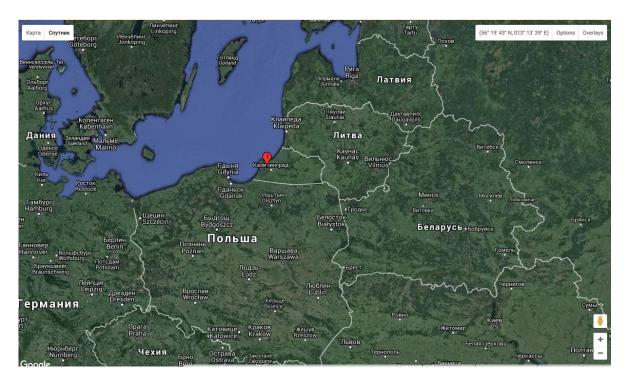


Рисунок 5 – Интерактивная спутниковая карта Google.

На рисунке 6 представлена вкладка, в которой вводятся критерии поиска спутниковых снимков интересующей области.

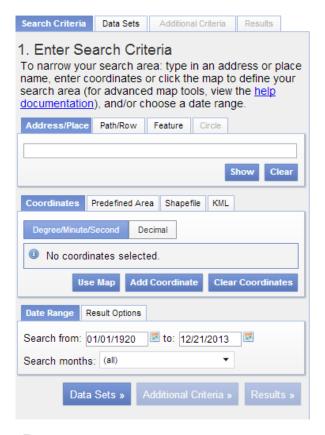


Рисунок 6 – Вкладка ввода основных критериев для поиска.

Address/Place – в данное поле могут быть введены как координаты точки, так и название 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, схемы разграфки систем WRS-1 или WRS-2.

Feature — инструмент, позволяющий найти координаты интересующего объекта по таким критериям как: Страна, класс объекта (растительность, населенные пункты, административные объекты, и другие.) и в соответствии с каждым классом объекта, можно выбрать конкретную особенность данного класса.

Coordinates – поле, отображающее координаты выбранных объектов.

Usemap – при нажатии строиться покрытие, соответствующее размерам отображаемой области карты на экране.

Add coordinate – при нажатии появляется форма для добавления координат новой точки.

Clear coordinates – кнопка стирает все координаты ранее добавленных точек.

Predefined Area – опция реализована только для области США. Позволяет выделить область по критериям территориального деления страны (штаты, районы).

Опции Shapefile и KML позволяют загрузить свои собственные файлы, содержащие координаты, каких-либо объектов, и использовать их для поиска.

DataRange – опция, позволяющая выбрать диапазон дат съемки, интересующего объекта.

Result Options – позволяет изменить максимальное количество снимков при поиске.

На рисунке 7 представлена вкладка выбора архива данных.

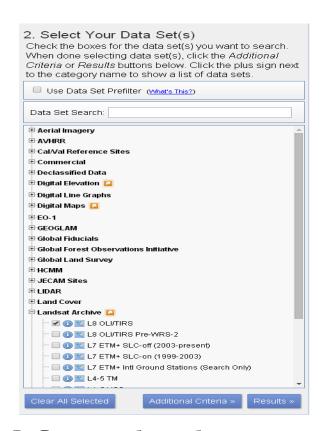


Рисунок 7 – Вкладка выбора набора данных для поиска.

В данной вкладке предоставляется выбор типа интересующих данных. Выбор осуществляется путём проставления флажков в соответствующих полях.

Вкладка AdditionalCriteria — содержит дополнительные критерии поиска такие как: количество облачности, станция которой были идентифицированы данные со спутника, время суток (день/ночь), возможность просмотра изображения, интервалы значений схемы разграфки системы WRS (Рисунок 8).

3. Additional Criteria (Optional) If you have more than one data set selected, use the dropdown to select the additional criteria for each data sets.	
Data Sets: L8 OLI/TIRS ▼	
OLI OLI TIRS	^
Data Type Level 1	
All Level 1GT Level 1T	
*	
Data Type Level ORp	
All	
Level ORp	
	н
Cloud Cover	
All	
Less than 10%	
Less than 30%	
Less than 40% ▼	
Day/Night	
All	н
Day   Night	н
Taigitt -	1
Barrel	
Reset	-

Рисунок 8 – Вкладка выбора дополнительных критериев.

На рисунке 9 представлена вкладка отображения результатов поиска в системе earthexplorer.



Рисунок 9 – Вкладка отображения результатов поиска.

В данной вкладке (рисунок 9) выводятся результаты поиска. Напротив каждого снимка располагается небольшая панель инструментов, позволяющая: показать след снимка на карте, наложить снимок на карту, показать скачать Рисунок предварительно выбрав один из метаданные снимка, вариантов загрузки, добавить снимок в библиотеку ДЛЯ «массового» результатов Возможность скачивания, исключить снимок ИЗ поиска. скачивания файлов предоставляется только авторизированному пользователю.

На рисунке 10 показана область исследования. В открывшемся окне скачивания необходимо выбрать последний пункт, каждый снимок весит около 1 ГБ (рисунок 11). [4]

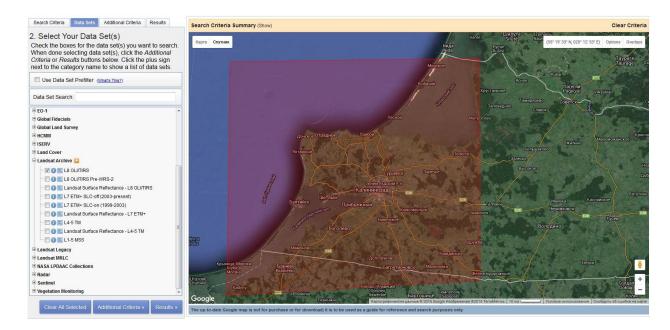


Рисунок 10 – Выбор спутниковых данных.

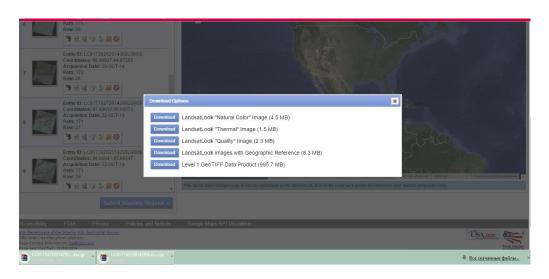


Рисунок 11 – Выбор спутникового снимка.

#### 2 ПРАКТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБЪЕКТОВ

## 2.1 Общая информация о программе UNESCO Bilko

Bilko— программа, предназначенная для обработки данных дистанционного зондирования океана и прибрежных регионов, которая совместно с прилагаемыми пособиями используется для образовательных пелей.

Программа включает различные стандартные функции обработки и анализа изображений, которые могут быть представлены в различных графических форматах. Пакет разработан для персональных компьютеров с операционной системой Microsoft Windows XP, а также может использоваться под Windows более ранних версий. [5]

Возможности программы Bilko:

1. Классификация изображения в режимах с обучением и без:

Применение различных методов классификации (методы прямоугольников метод максимального правдоподобия, метод минимальных расстояний);

Анализ главных компонент;

Поддержка распространенных форматов изображений, используемых в области дистанционного зондирования;

2. Поддержка чтения сжатых форматов изображений:

bzip2, gzip и zip;

NetCDF и ESA N1:

Работа с 3D и многоканальными данными (до 128 каналов на Рисунок);

Поддержка 8-бит, 16-бит, 32-бит данных и данных с плавающей точкой;

3. Для работы с изображениями и отображения инструменты:

Контрастирование;

Создание и использование цветовых палитр;

Создание композитных изображений;

Изменение масштаба и вращения изображений;

Отображение пиксельной информации;

Полноэкранный режим;

4. Инструменты редактирования и анализа изображений:

Анимация;

Выделение точек, линий и полигонов;

Построение разрезов и гистограмм;

5. Инструменты обработки данных:

Стандартные и специально созданных фильтры;

Применение флагов и масок;

6. Использование формул:

Географическая коррекция с использованием опорных точек;

7. Автоматическая геокоррекция данных Envisat и EarthExplorer:

## 2.1.2 Процесс комбинации спектральных каналов в программе Bilko

Обязательные условия: a) наличие программы UNESCO Bilko,

б) наличие данных со спутника.

Для того чтобы приступить к комбинации каналов необходимо загрузить изображение в каждом канале, всего нужно открыть 3 изображения.

Например: загружаем 5,4 и 3 каналы см.рисунок 12.

2013-06-11_B5	05.06.2
LC81890222013162LGN00_B1	27.12.2
LC81890222013162LGN00_B2	27.12.2
ELC81890222013162LGN00_B3	27.12.2
ELC81890222013162LGN00_B4	27.12.2
ELC81890222013162LGN00_B5	27.12.2
LC81890222013162LGN00_B6	27.12.2
LC81890222013162LGN00_B7	27.12.2
LC81890222013162LGN00 B8	27.12.2

Рисунок 12 – Выбор каналов.

После того как все 3 канала открылись в BILKO кликаем правой кнопкой мышки по любому из них и выбираем Connect (Рисунок 13).



Риунок 13 — Вкладка для соединения спутниковых изображений в разных каналах.

Удерживая клавишу «Ctrl» нажатой, выбираем все три строки( изображения).Окно «Connect» представлено на рисунке 14.

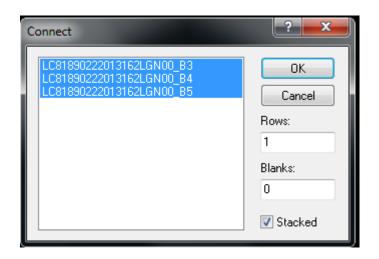


Рисунок 14 – Окно «Connect».

Далее выстовляем каналы в той последовательности, в которой они будут накладыватся друг на друга. Выбрав канал который будет стоять первым, нажимаем цифру «1» на клавиатуре, далее производим анологичные действия с остальными каналами, присуждая им номер в очереди наложения (Рисунок 15).



Рисунок 15 – Окно «Selector» в программе Bilko.

После того как все каналы выстовлены в нужном порядке, кликаем правой кнопкой мыши по последнему открывшемуся окну и выбираем «Composite» (Рисунок 16).

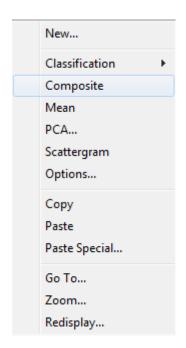


Рисунок 16 – Окно программы Bilko для выбора функции Composite.

В результате получаем изображение месности в комбинированном спектральном выражении (Рисунок 17).



Рисунок 17 – Композитное спектральное изображение в «псевдоцвете».

Для более ярких и сочных цветов рекомендуется предварительно вырезать нужную облать для каждого канала и после комбинировать уже вырезанные изображения.[6]

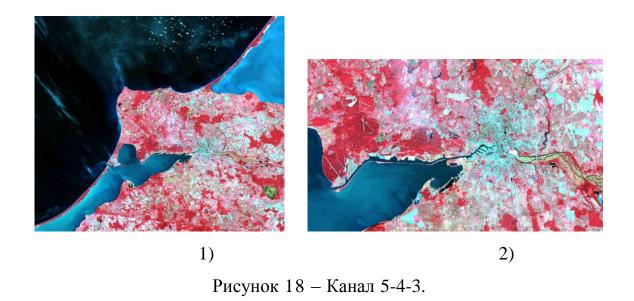
## 2.1.3 Основные комбинации спектральных каналов

Приведенные ниже описания в определенной степени зависят от условий конкретной сцены (район, сезон и т.д.), но являются достаточно универсальными.

1) **Каналы 5-4-3** — Стандартная комбинация «искусственные цвета» (Рисунок 18).

Растительность отображается в оттенках красного, городская застройка — зелено-голубых, а цвет почвы варьируется от темно до светло коричневого.

Лед, снег и облака выглядят белыми или светло голубыми (лед и облака по краям). Хвойные леса будут выглядеть более темно-красными или даже коричневыми по сравнению с лиственными. Эта комбинация очень популярна и используется, главным образом, для изучения состояния растительного покрова, мониторинга дренажа и почвенной мозаики, а также для изучения агрокультур. В целом, насыщенные оттенки красного являются индикаторами здоровой и (или) широколиственной растительности, в то время как более светлые оттенки характеризуют травянистую или редколесья и кустарниковую растительность.



## 2) **Каналы 4-3-2** – Комбинация «естественные цвета» (Рисунок 19).

В этой комбинации используются каналы видимо диапазона, поэтому объекты земной поверхности выглядят похожими на то, как они воспринимаются человеческим глазом.

Здоровая растительность выглядит зеленой, убранные поля — светлыми, нездоровая растительность — коричневой и желтой, дороги — серыми, береговые линии — белесыми. Эта комбинация каналов дает возможность

анализировать состояние водных объектов и процессы седиментации, оценивать глубины. Также используется для изучения антропогенных объектов.

Вырубки и разреженная растительность детектируются плохо, в отличие от комбинации 4-5-1 или 4-3-2. Облака и снег выглядят одинаково белыми и трудноразличимы. Кроме того, трудно отделить один тип растительности от другого. Эта комбинация не позволяет отличить мелководье от почв в отличие от комбинации 7-5-3.

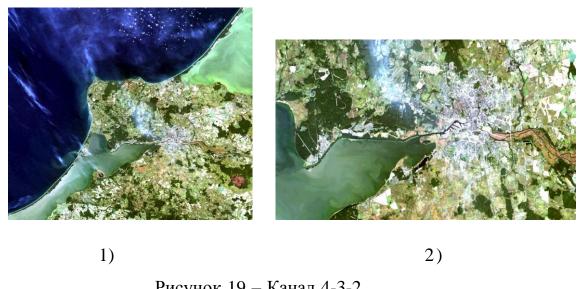


Рисунок 19 – Канал 4-3-2.

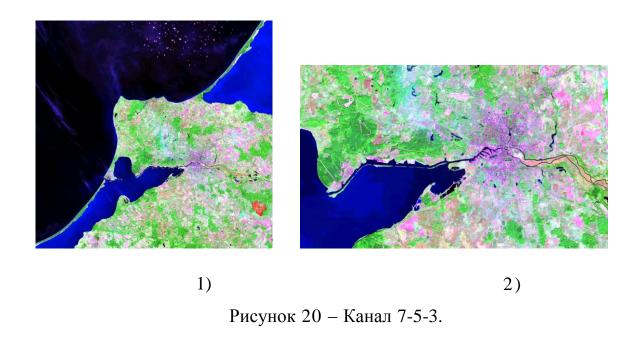
3) **Каналы 7-5-3** — Эта комбинация дает изображение близкое к естественным цветам, но в тоже время позволяет анализировать состояние атмосферы и дым (Рисунок 20).

Здоровая растительность выглядит ярко зеленой, травянистые сообщества – зелеными, ярко розовые участки детектируют открытую почву, коричневые и оранжевые тона характерны для разреженной растительности. Сухостойная растительность выглядит оранжевой, вода- голубой.

Песок, почва и минералы могут быть представлены очень большим числом цветов и оттенков. Эта комбинация дает великолепный результат при

анализе пустынь и опустыненных территорий. Кроме того, может быть использована для изучения сельскохозяйственных земель и водно-болотных угодий.

Сгоревшие территории будут выглядеть ярко красными. Эта комбинация используется для изучения динамики пожаров и постпожарного анализа территории. Городская застройка отображается в оттенках розово-фиолетового, травянистые сообщества — зелеными и светло зелеными. Светло зеленые точки внутри городских территорий могут быть парками, садами или полями для гольфа. Оливково-зеленый цвет характерен для лесных массивов и более темный цвет является индикатором примеси хвойных пород.

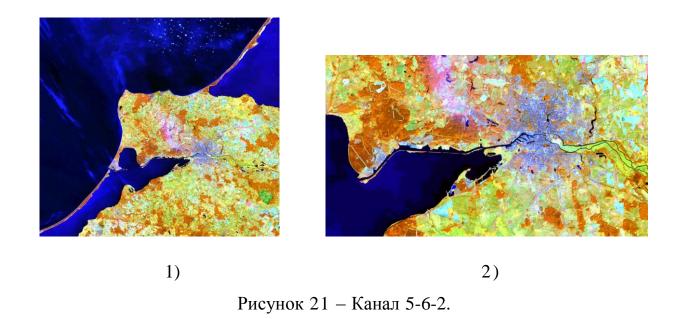


**4) Каналы 5-6-2** — Здоровая растительность отображается в оттенках красного, коричневого, оранжевого и зеленого (Рисунок 21).

Почвы могут выглядеть зелеными или коричневыми, урбанизированные территории — белесыми, серыми и зелено-голубыми, ярко голубой цвет может детектировать недавно вырубленные территории, а красноватые — восстановление растительности или разреженную растительность. Чистая, глубокая вода будет выглядеть очень темно, синей (почти черной), если же это

мелководье или в воде содержится большое количество взвесей, то в цвете будут преобладать более светлые синие оттенки. Добавление среднего инфракрасного канала позволяет добиться хорошей различимости возраста растительности. Здоровая растительность дает очень сильное отражение в 4 и 5 каналах.[6]

Использование комбинации 3-2-1 параллельно с этой комбинацией позволяет различать затопляемые территории и растительность. Эта комбинация малопригодна для детектирования дорог и шоссе.



5) Каналы 5-6-4 — Эта комбинация ближнего, среднего ИК-каналов и красного видимого канала (Рисунок 22). Данная комбинация позволяет четко различить границу между водой и сушей и подчеркнуть скрытые детали плохо видимые при использовании только каналов видимого диапазона. С большой точностью будут детектироваться водные объекты внутри суши. Эта комбинация отображает растительность в различных оттенках и тонах коричневого, зеленого и оранжевого. Эта комбинация дает возможность анализа влажности и полезны при изучении почв и растительного покрова. В

целом, чем выше влажность почв, тем темнее она будет выглядеть, что обусловлено поглощением водой излучения ИК диапазона.

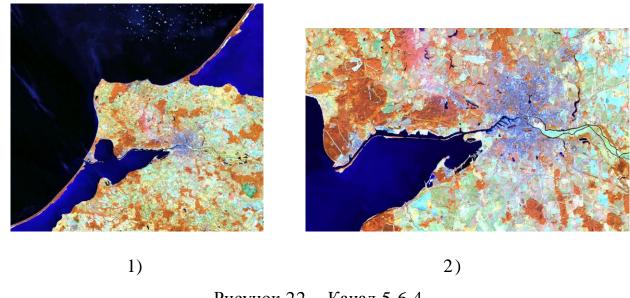


Рисунок 22 – Канал 5-6-4.

6) Каналы 7-6-4 — Эта комбинация дает изображение близкое к естественным цветам, но в тоже время позволяет анализировать состояние атмосферы и дым (Рисунок 23). Растительность отображается в оттенках темно и светло-зеленого, урбанизированные территории выглядят белыми, зеленоголубымии малиновыми, почвы, песок и минералы могут быть очень разных цветов.

Практически полное поглощение излечения в среднем ИК-диапазоне водой, снегом и льдом позволяет очень четко выделять береговую линию и подчеркнуть водные объекты на снимке. Горячие точки (как, например, кальдеры вулканов и пожары) выглядят красноватыми или желтыми. Одно из возможных применений этой комбинации каналов – мониторинг пожаров.

Затопляемые территории выглядят очень темно синими и почти черными, в отличие от комбинации 3-2-1, где они выглядят серыми и плохо различимы.

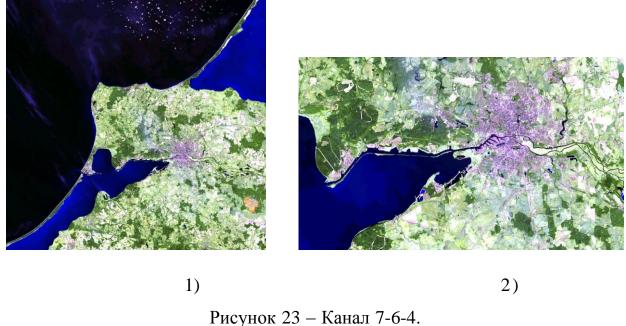


Рисунок 23 — Канал 7-6-4.

7) Каналы 6-5-4 — Как и комбинация 4-5-1 эта комбинация дает дешифровщику очень много информации и цветовых контрастов(Рисунок 24). Здоровая растительность выглядит ярко зеленой, а почвы — розовато-лиловыми. В отличие от 7-4-2, включающей 7 канал и позволяющей изучать геологические процессы, эта комбинация дает возможность анализировать сельскохозяйственные угодья. Эта комбинация очень удобна для изучения растительного покрова и широко используется для анализа состояния лесных сообществ.

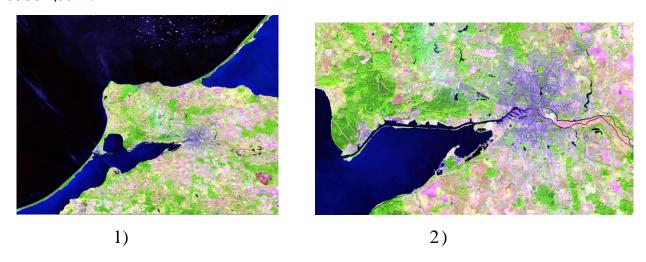
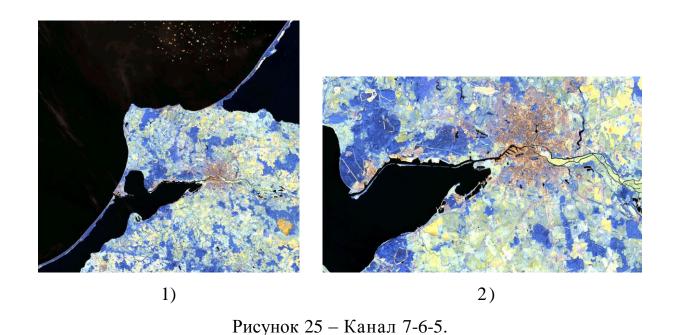


Рисунок 24 – Канал 6-5-4.

## 9) 7-6-5 – Эта комбинация не включает ни одного канала из

видимого диапазона, и обеспечивает оптимальный анализ состояния атмосферы (Рисунок 25). Береговые линии четко различимы. Может быть использован для анализа текстуры и влажности почв. Растительность выглядит голубой. [5]



**10) Каналы 6-4-2** — Эта комбинация показывает топографические текстуры (рисунок 26) в то время как 7-3-1 позволяет различить горные породы.



Рисунок 26 – Канал 6-4-2.

## 2.2 Географическая привязка

Обязательным этапом обработки полученных данных является процесс географической привязки спутниковых снимков. Растр, полученный в результате космической съёмки, представляет собой только строки и столбцы ячеек. Для того чтобы иметь возможность использовать его для анализа совместно с другими данными (например, топографическими картами), растр и эти данные должны быть в общей системе координат. Следовательно, географическая привязка — это процесс определения точного расположения растра на поверхности Земли, т.е. процесс соотнесения отдельных пикселов изображения с географическими координатами. Информация о географической привязке хранится либо внутри растровых форматов, либо в отдельных файлах (например, world-файлы, используемые для таких форматов, как JPEG, BMP, TIF) вместе с самим изображением.

Географическая привязка растра выполняется посредством задания опорных точек, координаты которых известны, как в системе координат растра, так и в системе координат реального мира.

Обычно для поставленных задач привязка включает в себя координаты левого верхнего пиксела изображения, размер пикселов изображения по высоте и ширине. Программному пакету Bilko достаточно этой информации, чтобы обеспечить правильное отображение растровых данных. [6]

# 2.2.1 Процесс географической привязки полученных данных в программе Bilko

Для того чтобы произвести географическую привязку спутниковых снимков, необходимо открыть в блоке скачанных данных файл с текстовым расширением и записать координаты верхнего левого угла сцены (см.рисунок 27).

```
NAUIK_OFFNAUIK = NAUIK
TIL LC81890222016155LGN00_B9
                                               03.06.2
                                                            TARGET_WRS_PATH = 189
TARGET_WRS_ROW = 22
LC81890222016155LGN00_B10
                                               03.06.2
                                                            DATE_ACQUIRED = 2016-06-03

SCENE_CENTER_TIME = "09:37:06.4252520Z"

CORNER_UL_LAT_PRODUCT = 55.57444
LC81890222016155LGN00_B11
                                               03.06.2
LC81890222016155LGN00_BQA
                                               03.06.2
                                                             CORNER_UL_LON_PRODUCT = 18.43670
   LC81890222016155LGN00_MTL
                                               03.06.2
                                                             CORNER_UR_LAT_PRODUCT
                                                                                                                  +‡+
                                                             CORNER_UR_LON_PRODUCT = 22.25839
                                                            CORNER_LL_LAT_PRODUCT = 53.38454
CORNER_LL_LON_PRODUCT = 18.57018
```

Рисунок 27 – Данные, необходимые для географической привязки.

После этого в программе Bilko открываем нужное изображение из этого блока данных, к примеру откроем изображение сделанное в 5 спектральном канале (Рисунок 28).

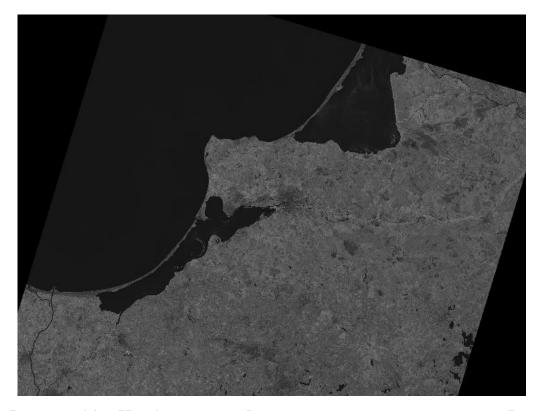


Рисунок 28 – Изображение в 5 спектральном канале спутника Landsat 8.

После того как изображение загруженно в верхней панели, выбираем «Edit» и в всплывающем меню выбираем «Coords», а в появившемся окне

вводим заранее записанные координаты, первая срока по оси X, вторая по оси Y (Рисунок 29).

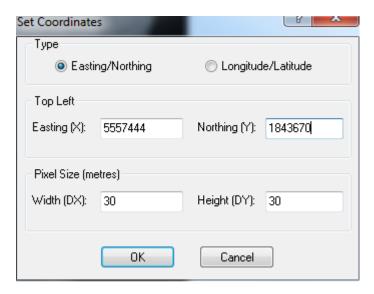


Рисунок 29 – Установка координат верхнего левого угла сцены.

Нажимаем «ОК» теперь снимок географически привязан.В этом можно убедится поместив курсор в верхний левый угол снимка и посмотрев в правый нижний угол в котором мы увидим внесенные нами ранее координаты.

## 2.3 Основы классификации без обучения (кластеризации)

Классификации без обучения — это процесс, при котором распределение пикселей изображения происходит автоматически, на основе анализа статистического распределения яркости пикселей.

Следует отметить, что перед началом классификации неизвестно сколько, и каких объектов есть на снимке, а после проведения классификации необходимо дешифрирование полученных классов, чтобы определить, каким объектам они соответствуют.[11]

Таким образом, классификацию без обучения применяют в случае если:

а) заранее неизвестно какие объекты есть на снимке;

- б) на снимке большое количество объектов (более 30) со сложными границами;
- в) также можно применять, как предварительный этап перед классификацией с обучением.

Автоматическая классификация обладает рядом достоинств, таких как высокая скорость обработки изображения, простота задания параметров классификации, и высокая точность распределения кластеров соответственно яркостным характеристикам изображения. Это позволяет классифицировать практически любое Рисунок достаточно наглядно.

Программный продукт UnescoBilko применяет в автоматической классификации алгоритм ISODATA (IterativeSelf-OrganizingDataAnalysisTechnique – Итерационная самоорганизующаяся методика анализа данных).

ISODATA — это процесс, который основан на кластерном анализе. К одному классу относятся пиксели, значения яркости которых наиболее близки в пространстве спектральных признаков.

Кластерами называют группы пикселей, схожие по яркости. Такие группы выделяются в результате классификаций разными методами и обычно называют классами.

Вся совокупность значений яркости пикселей рассматривается как пространство признака яркости (пространство спектральных признаков). Это пространство n-мерное, где n — число спектральных каналов.

Значение яркости пикселей рассматривается как вектор  $f_{ij}$  где і и ј значения яркости пикселя в разных спектральных каналах. Вектор яркости представлен на рисунке 30.

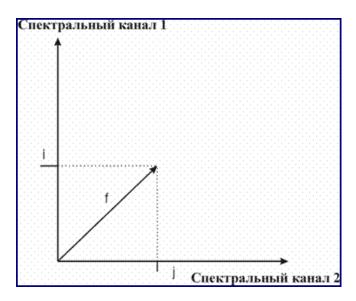


Рисунок 30 — Вектор яркости пикселя в двумерном пространстве признаков.

В процессе кластеризации сравниваются расстояния между векторами яркости. То есть векторы яркости пикселей, изображающих один объект (явление) на снимке должны находиться близко друг от друга в пространстве признаков. Поэтому кластеры формируются так, чтобы в каждом из них расстояние между векторами яркости (спектральное расстояние) было минимальным, а расстояние между векторами разных кластеров было максимальным. То есть данный пиксель изображения относится к тому кластеру, расстояние вектора яркости центра, которого до вектора яркости данного пикселя минимально.[12]

Расстояние между двумя векторами (r) рассчитывается по формуле,

$$r = \sqrt{\sum_{k} (f_{kij} - f_{kmn})^2}$$

где к – номер спектрального канала.

Примеры применения методов классификации в пакете Bilko.

1) Расчет статистических параметров распределения яркостей всего снимка в каждой спектральной зоне (минимальное, максимальное, среднее значение, стандартное отклонение);

2) Разделение пикселя снимка на n-равных диапазонов в пространстве спектральных признаков, для каждого из них определяется среднее значение (Рисунок 31);

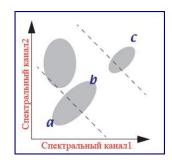


Рисунок 31 – Разделение пикселей.

3) Первая итерация кластеризации, то есть в пространстве спектральных признаков для каждого пикселя рассчитывается спектральное расстояние до средних значений, и каждый пиксель относят в определенный кластер (Рисунок 32). В один кластер попадают те пиксели, между которыми меньше расстояния в пространстве спектральных признаков;

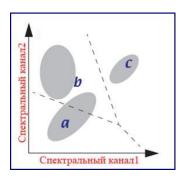


Рисунок 32 – Первая итерация.

4) Расчет реальных средних значений для полученных классов (Рисунок 33);

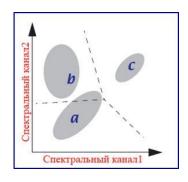


Рисунок 33 – Расчет средних значений.

5) Следующая итерация с новыми значениями средних, и уточнение границ классов, при этом число классов может меняться (Рисунок 34).

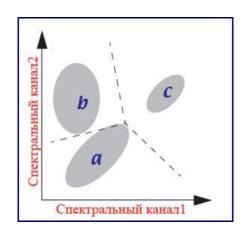


Рисунок 34 – Вторая итерация.

Процесс продолжается до тех пор, пока не будет достигнуто максимальное (предельно установленное) количество итераций или достигнут максимальный процент неклассифицированных пикселей.[12]

Примером автоматической классификации Bilko может служить рисунок 35, где а — неклассифицированный снимок, б - классифицированный снимок, и классификационная таблица 2.

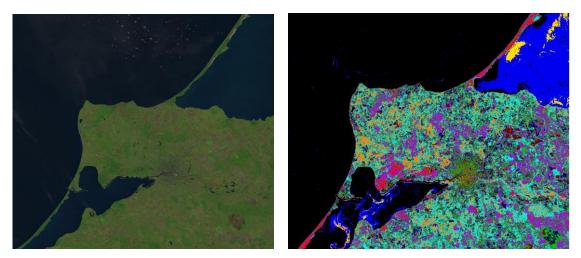


Рисунок 35 – а – снимок Landsat8, б – автоматическая классификация алгоритмом ISODATA

Таблица 2 – Классификационная таблица для изображения

Table2 - Classifying		
Image002: Ĉlusters	Colour	N
0		
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		
21		
22		
23		
24		
25		
26		
27		
•		

# 3 РЕАЛИЗАЦИЯ ВЫБРАННОГО МЕТОДА ДЛЯ РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЯ

## 3.1 Принципы обработки спутниковых изображений

В работе были использованы данные, полученные со спутника Landsat 8, с момента запуска спутника по сегодняшний день, а именно за период с 11.02.2013 по 25.05.2016 года. За указанный период были выбраны снимки за каждый год без присутствия облаков на них.

Даты сделанных снимков : снимок A 2013-09-08, снимок Б 2014-09-18, снимок В 2015-10-07, снимок  $\Gamma$  2016-06-03 [4]

Область снимков располагается на побережье Балтийского моря район Куршской косы. Снимки охватывают всю косы от г. Зеленоградск до мыса Грабст.

Местоположение снимков отражено на рисунке 36.



Рисунок 36 – Местоположение района исследования.

#### 3.2 Реализация метода обработки снимков при помощи разрезов

Мною был выбран метод построение разрезов через выбранные точки и измерение изменения береговой линии Курской косы. Построение разрезов в данном случае наиболеее эффективный и удобный способ измерения именений береговой линии Курской косы по сравнению со способом наложения снимков друг на друга. Классификация помогает более точно выразить границы суши и воды, а также классифицировать различные поверхности суши. Именно классификация «без обучения» была выбрана поэтому качестве вспомогательного метода оценки динамики береговой черты. Разрезы построенны по следующим координатам:

Paspes №1 X 0246 Y 1134

DX 0037 DY 0059

Paspes №2 X 0453 Y 0929

DX 0071 DY 0072

Paspes №3 X 0684 Y 0578

DX 0169 DY 0105

Paspes №4 X 0978 Y 0282

DX 0087 DY 0059

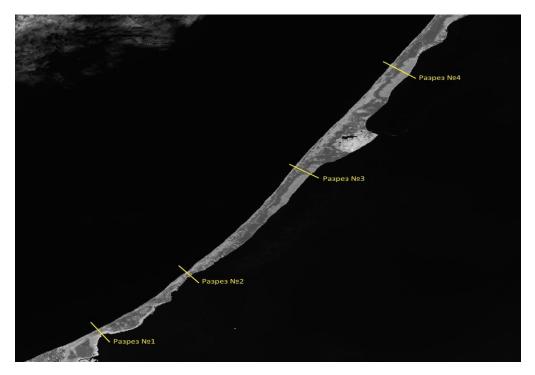


Рисунок 37 – места построения разрезов.

По каждому разрезу была рассчитана ширина Куршской косы за каждый год работы спутника Landsat8, а все данные сведены в таблицу, далее при сопоставлении данных по разрезам с данными метеорологических наблюдений была проведена оценка динамики изменения береговой линии.

В диаграмме по оси X расположено количество пикселов, по оси Y – яркость пикселов. Один пиксел изображения равен квадрату на местности площадью 30x30 метров.

При использавании комбинации спектральных каналов 5-6-4 и построении по ним классификации хорошо различимы границы между водой и сушей. На рисунке 38 отчетливо видна граница по резко возрастающей яркости пиксела .

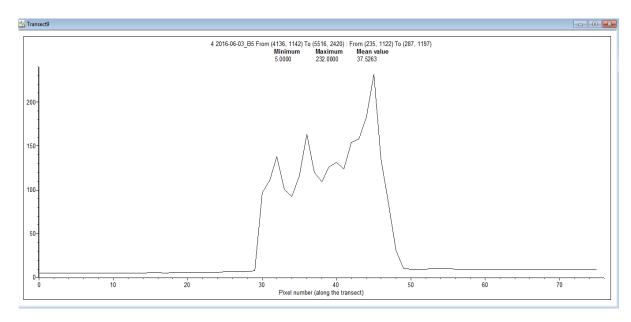


Рисунок 38 – разрез между двумя точками.

Таблица 3 – Данные по разрезам.

	Дата снимка 08.09.2013	Дата снимка 18.09.2014	Дата снимка 07.10.2015	Дата снимка 03.06.2016
Разрез№1		450 м	480 м	510 м
Разрез№2	420 м	410 м	360 м	360 м
Разрез№3	1290 м	1290 м	1260 м	1260 м
Разрез№4	1470 м	1470 м	1520 м	1500 м

По результатам разрезов и подсчёта количества пикселов, была составлена таблица -3 и построена диаграмма (Рисунок 39), которая позволит оценить ширину Куршской косы в разные годы и оценить абразивные и аккумуляционные процессы.

При анализе данных полученных по разрезам ярко выраженные изменения береговой линии Куршской косы произошли в 2015 году. Если

обратиться к метеоданным за этот год, то можно понять причину таких серьёзных изменений.

11 Января 2015 в районе Куршской косы был зафиксирован ураган «Феликс» второй категории по пятибалльной шкале Саффир-Симпсона.

Западные ветра со скоростью свыше 20 м/с создавали мощный штормовой нагон, в результате которого морские волны достигли основания авандюны. В итоге начался интенсивный смыв песка с берега косы, морские волны смыли запас песка, успевший накопиться за последние "спокойные" сезоны с лета 2012 года по декабрь 2014 года.

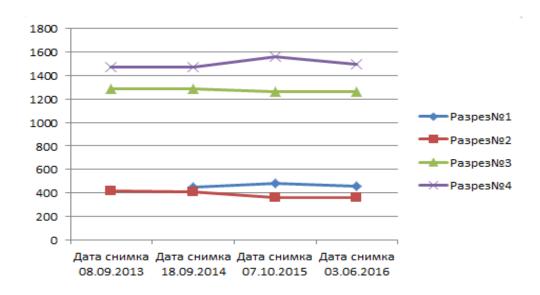


Рисунок 39 – Диаграмма изменения ширины Куршской коссы за 4 года.

По диаграмме можно сделать вывод, что на Разрезах №2 и №3 море смыло до трети пляжей, сократив их длину с каждой стороны Куршской косы с 34 метров до 10-15 метров.

Но также наблюдаются и аккумулятивные процессы:

Разрезе №1 — аккумулятивный процесс вызван деятельностью человека, на данном участке производился намыв пляжей после урагана «Феликс».

Разрез №4 – увеличение ширины Куршской косы вызвано перемещением песка ветром в сторону лагуны.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные результаты позволяют выделить наиболее уязвимые места береговой линии Куршской косы. Через построение разрезов с использованием комбинации спектральных каналов и построение по ним классификации была получена картина изменения береговой линии под влиянием сильных ветров, штормов, ураганов, а также деятельности человека.

Целью дипломного проекта является разработка актуального и удобного способа оценки участков береговой линии, наиболее подверженных абразионным процессам, а также выявление таковых по космическим данным. Основные результаты:

1)В первом разделе описываются возможности оптико-электронного спутника (Landsat 8) в качестве источника данных для оценки динамики береговой линии. По результатам проведённого анализа были выявлены положительные и отрицательные стороны спутника.

Положительные стороны Landsat 8:

- -Высокое пространственное разрешение(15м-100м);
- -Свободный доступ к данным.

Отрицательные стороны Landsat 8:

- -Частота съёмки(16 суток);
- -Зависимость от облачности.

Спутник Landsat 8 предоставляет снимки в высоком разрешении от 15м до 100м, это позволяет с высокой точностью определить нужные характеристики в выбранном регионе. К сожалению, снимки делаются только один раз в 16 дней, в связи с этим отсутствует возможность подробно исследовать те или иные процессы на поверхности Земли, а из-за наличия облачности мы можем совсем ничего не увидеть. В то же время все снимки предоставляются в свободном доступе.

2) Во втором разделе были проанализированы методы распознавания объектов и было установлено, что классификация по определённой комбинации спектральных каналов является эффективной процедурой,

позволяющей выделить на спутниковом снимке объекты разных типов, и установить чёткие границы между различными типами объектов со сложными границами. В случае, если объект исследования имеет ровную земную поверхность, стоит использовать классификацию без обучения, поскольку она позволяет довольно быстро обработать изображения, просто задать параметры классификации и довольно точно распределить кластеры соответственно яркостным характеристикам изображения.

3)В третьем разделе была произведена обработка полученных результатов, исходя из этого, можно сделать вывод, что наиболее опасным является зимнее время года. В связи с участившимися штормами и ураганами, в результате изменения климата, береговая линия Куршской косы наиболее подвержена абразионным процессам.

Данный метод наблюдения за береговой линией Куршской косы может помочь при оценке ущерба и проведении мероприятий по предотвращению смыва песка и грунта на отдельных, требующих внимания, участках, а также при установке волнорезов или защитного вала авандюн.

## Список использованной литературы:

- 1. Основные сведения [Электронный ресурс]/ Официальный сайт «Национальный парк «Куршская коса»,- Электронные текстовые данные, 2016 г. Режим доступа: http://www.park-kosa.ru/, свободный
- 2. Материалы комплексного экологического обследования участков акватории Балтийского моря. [Электронный ресурс]/ Электронные текстовые данные. Выполнение Россией Плана действий ХЕЛКОМ по Балтийскому морю,2014 г. Режим доступа: <a href="http://www.helcom.fi/Lists/Publications/Extension">http://www.helcom.fi/Lists/Publications/Extension</a>, свободный.
- 3. Данные программы Landsat 8 (LDCM). [Электронный ресурс]/ Электронные текстовые данные.- Скан Экс инженернотехнологический центр, 2015 г. Режим доступа: :http://www.scanex.ru/ru/data/default.asp?submenu=landsat8&id=index, свободный.
- 4. The U.S. Geological Survey's (USGS). EarthExplorer [Электронный ресурс] Электронные данные, 2015 г., Режим доступа: <a href="http://earthexplorer.usgs.gov/">http://earthexplorer.usgs.gov/</a>, свободный.
- 5. IntroductiontousingtheBilko 3 imageprocessingsoftware [Электронный ресурс] -Электронные текстовые данные, 2015. Режим доступа: <a href="http://www.noc.soton.ac.uk/bilko/tutorial.php">http://www.noc.soton.ac.uk/bilko/tutorial.php</a>, свободный.
- 6. Сычев,В.И.,Эдвардс,А.Д. Введение в программное обеспечение для обработки спутниковых изображений. // Краткое руководство пользователя и примеры практического использования программных продуктов ЮНЕСКО СПб.:ЮНЕСКО,- 2008 г., 96с.
- 7. Шовенгердт Р. А. Дистанционное зондирование. Модели и методы обработки изображений / Р. А. Шовенгердт; ред. А. Ю. Филатова. М.:Техносфера, 2010. 560 с.

- 8. Смирнов Л. Е. Аэрокосмические методы географических исследований / Л. Е. Смирнов. СПб.: Изд-во СПбГУ, 2005. 348 с.
- 9. В. Б. Кашкин, А. И. Сухинин Цифровая обработка аэрокосмических изображений. Версия 1.0 [Электронный ресурс]: конспект лекций. Электрон. дан. (3 Мб). –Красноярск: ИПК СФУ, 2008.
- 10. Кашкин В.Б., Сухинин А.И. Дистанционное зондирование Земли из космоса. Цифровая обработка изображений: Учебное пособие. М.: Логос, 2001. 264 с.: ил
- 11.Дубинин М. Методологический аппарат ERDAS IMAGINE для классификации изображений [Электронный ресурс]/ М. Дубинин Электронные текстовые данные. Географические информационные системы и дистанционное зондирование, 2002 г.- Режим доступа: http://gis-lab.info/qa/genclass-erdas.html, свободный.
- 12.Метод классификации без обучения ISODATA. [Электронный ресурс] Электронные текстовые данные. Методы классификации, 2007. Режим доступа: <a href="http://www.nrcgit.ru/aster/methods/content\_metods.htm">http://www.nrcgit.ru/aster/methods/content\_metods.htm</a>, свободный.