

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК**

УТВЕРЖДАЮ
Председатель СПбНЦ РАН
академик



Ж. И. Алфёров

ОТЧЕТ

по теме **79.4**

**«Разработка методики и оценка качества воды и состояния
берегов Ладожского озера на основе космических съемок и
тестовых наблюдений»**

по Государственному заданию СПбНЦ РАН в 2014–2016 гг.

Этап 2014 года

Научный руководитель
академик



В.А. Румянцев

Санкт-Петербург

2014

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
1 Экологический контроль прибрежной зоны Ладожского озера по данным дистанционного зондирования Земли.....	5
1.1 Космическая система RapidEye.....	5
1.2 Геосервисная технология Scanex GeoMixer	7
1.3 Создание проекта « Ladoga» в геопортале ЦНИИ РТК GeoMixer.....	13
1.4 Поиск потенциальных мест экологической опасности, свалок.....	16
2 Экспедиционные натурные обследования береговой части Ладожского озера.....	19
2.1 Организация и проведение полевых исследований.....	19
3 Размещение аэроснимков, полученных с беспилотного летального аппарата квадрокоптер, в геопортале ЦНИИ РТК GeoMixer.....	28
3.1 Географическая привязка аэроснимков.....	28
3.2 Размещение фотоматериалов в геопортале ЦНИИ РТК.....	30
Заключение.....	32
Список использованных источников.....	33

РЕФЕРАТ

Отчет 33 с., 25 рисунков., 2 таблицы., 3 источника,

ДИСТАНЦИОННОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ, КВАДРОКОПТЕР, ДЕШИФРИРОВАНИЕ, МНОГОСПЕКТРАЛЬНАЯ АЭРОКОСМИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИЯ, ГЕОПОРТАЛ, ТВЕРДЫЕ БЫТОВЫЕ ОТХОДЫ, СВАЛКИ, ДАМПИНГ.

Цель работы Оптимизация методики выполнения контроля береговых зон и водосборного бассейна Ладожского озера, верификация с натурными наблюдениями и измерениями.

Ожидаемые результаты – обнаружение свалок опасных отходов по данным космической информации.

Проект реализован в электронном виде в геопортальной технологии «GeoMixer» с открытым доступом для заказчика работы. Зоны, определяемые как потенциальные места экологической опасности, свалок, обозначены на карте условными символами. Проведена верификация космической информации посредством натурных полевых исследований с помощью БПЛА Dji phantom 2. Также на карте геопортала помещены фотографии, полученные в результате экспедиционных съемок при помощи квадрокоптера в зонах потенциальной опасности. Созданная электронная комплексная карта представляет собой фоновую основу для проведения мероприятий дистанционного и экспедиционного мониторинга в будущем в районе прибрежных зон Ладожского озера.

ВВЕДЕНИЕ

Ладожское озеро – крупнейший пресный водоем Европы и безальтернативный источник водоснабжения Санкт-Петербурга и ряда городов и населенных пунктов Ленинградской области и Республики Карелия. Качество воды Ладоги в значительной мере определяется негативными антропогенными процессами, которые имеют место на водосборе озера. Значительную роль в них занимают заброшенные полигоны отходов предприятий оборонной промышленности и навозохранилища, а также несанкционированные свалки бытовых отходов. Последние содержат часто строительные красители, относящиеся к стойким органическим загрязнителям и представляющие огромную угрозу для здоровья людей. Во время дождей и снеготаяния хранящиеся на полигонах и свалках опасные химические загрязнения по водотокам поступают в Ладогу и воздействуют на экосистему озера.

Выявление заброшенных полигонов и несанкционированных свалок на практике представляет серьезную проблему. Для ее решения весьма перспективным представляется использование методов дистанционного зондирования. В работе представлены результаты создания нового этапа системы обнаружения, основанной на применении космических средств, беспилотных аппаратов и проведения выборочных экспедиционных объездов.

1 Экологический контроль прибрежной зоны Ладожского озера по данным дистанционного зондирования Земли

Для проведения экологического контроля по данным дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) институтом «Озероведения» РАН и ЦНИИ РТК была проведена установочная методическая работа в 2014 г. В качестве средств ДЗЗ использовались данные космической системы RapidEye за 2012 и 2013годы.

1.1 Космическая система RapidEye

Из оптимального соотношения цены и качества космической съемки для составления карты была выбрана группировка из пяти мини-спутников RapidEye, предназначенных для решения мониторинговых задач во многих отраслях. Космические снимки RapidEye наиболее эффективны для решения следующих задач:

- Планирование и контроль развития инфраструктуры добычи, транспортировки и переработки нефти и газа.
- Мониторинг появления техногенных объектов в охранных зонах.
- Картографирование мест сжигания попутного газа и контроль функционирования факельных установок.
- Мониторинг экологического состояния территорий в районах добычи, переработки, транспортировки нефти и газа. Выявление, картографирование и мониторинг состояния шламовых амбаров, кустовых площадок и прилегающих к ним ландшафтов.
- Выявление территорий, загрязненных нефтепродуктами, мониторинг аварийных разливов нефти, контроль темпов и оценка эффективности рекультивационных мероприятий.
- Мониторинг электрических сетей.
- Выявление мест повреждений трубопроводов и линий электропередачи.
- Планирование развития телекоммуникационных сетей.

RapidEye может поставлять данные на большие территории с разрешением в 6,5 м и с частой повторяемостью, что наилучшим образом подходит для целей мониторинга территорий.

Технические характеристики съемочной аппаратуры КА RapidEye представлены ниже (таблица 1.1)

Таблица 1.1 - Основные технические характеристики съемочной аппаратуры КА RapidEye

Режим съемки	Мультиспектральный
Спектральный диапазон, мкм	0,44–0,51 (синий) 0,52–0,59 (зеленый) 0,63–0,685 (красный) 0,69–0,73 (крайний красный или red-edge) 0,76–0,88 (ближний ИК)
Пространственное разрешение (в надире), м	6,5 (после обработки — 5)
Максимальное отклонение от надира, град	77
Радиометрическое разрешение, бит на пиксель	12
Точность геопозиционирования, м	30-90
Ширина полосы съемки, км	77
Производительность съемки, млн кв. км/сутки	4
Периодичность съемки, сутки	1
Возможность получения стереопары	Нет
Формат файлов	GeoTIFF, NITF
Скорость передачи данных на наземный сегмент, Мбит/с	80

Параметры этих спутников (пространственное разрешение, пять спектральных каналов, высокие геометрические и радиометрические характеристики, возможность ежедневных повторных съемок) особенно подходят для использования в сельском и лесном хозяйстве, нефтегазовом комплексе, энергетике, управлении чрезвычайными ситуациями. Уникальным для спутников высокого разрешения является канал red-edge (крайний красный), который оптимально подходит для наблюдения и измерения изменений состояния растительного покрова. Каждый из спутников назван греческим именем — Tachys, Mati, Choma, Choros, Trochia (в переводе, соответственно — Быстрый, Глаз, Земля, Космос, Орбита) [1]. Уникальные мониторинговые возможности спутниковой системы RapidEye позволили превратить выявление изменений на земной поверхности в стандартную задачу путем составления серии мультитременных композитов (растровых изображений с ярко контрастирующими на общем фоне изображения изменениями, произошедшими с даты одной съемки до даты другой). Этот факт очень важен для использования данных RapidEye в проведении программ мониторинга в последующие годы.

1.2 Геосервисная технология Scanex GeoMixer

В данной работе для создания электронной карты, нанесения векторных слоев и размещения фотоматериалов экспедиционных съемок с квадрокоптера использовалась технология Scanex GeoMixer.

Геосервисные технологии являются составной частью веб-картографии, представляющей собой область компьютерных технологий, связанную с доставкой пространственных данных конечному пользователю. Продуктом веб-картографии является широкий спектр так называемых геопорталов общего и специального назначения. Приставка «веб» используется для удобства, в качестве среды доставки могут использоваться любые сети, не только Интернет. Безусловно, веб-картография является одним из направлений геоинформационных технологий в целом. Как это часто бывает при переводе и адаптации нового термина, прямого аналога устоявшемуся в России словосочетанию «веб-гис» в англоязычных источниках найти не удастся, и гораздо чаще встречается такой термин как «web mapping services» (картографические веб-сервисы). Далее по тексту, для краткости и однозначности, будет использоваться термин «веб-картография». Основными задачи веб-картографии являются:

- визуализация существующей информации – пространственное представление информации;
- облегчение работы с пространственной информацией в веб, поиск (атрибутивные запросы), прокладка маршрутов и другие услуги, основанные на местоположении объектов и операциях геообработки / геоанализа.

В общем, можно сказать, что использование геосервисных технологий – это направление на разработку геопорталов – «легких» приложений, ориентированных на пользователя и представляющих собой справочные пространственные системы с простой функциональностью.

Кроме картографического информационно-поискового сервиса Яндекс, разрабатываемого в коммерческих целях для удобного размещения рекламы, отечественные геосервисные технологии представления продуктами ИТЦ «СКАНЭКС»: геосервис «Космоснимки» [2] и геопортальная технология Scanex GeoMixer [3].

«Космоснимки» – проект ИТЦ «СКАНЭКС» по разработке технологической платформы Веб-Гис Scanex Web GeoMixer и созданию единой основы спутниковых снимков для всей территории России. Проект складывается из этапов создания отдельных мозаик спутниковых снимков по городам и областям РФ. Единая пространственная основа создается с целью использования в качестве базовой в геоинформационных и веб-картографических сервисах. Технологическая разработка направлена в первую очередь на развитие средств доступа к пространственным данным и данным дистанционного зондирования в Интернете.

Базовое покрытие проекта «Космоснимки» создается на основе данных спутников IRS и Spot, разрешение которых (6 м и 10 м соответственно) лучше, чем разрешение базового покрытия

спутников Landsat (15м), используемого в западных картографических сервисах. Дополнительным контентом на сайте проекта являются карты: обзорные карты мира и России и карты городов с детальностью до дома и адресными базами.

На сайте проекта доступны возможности:

- измерение расстояний и площадей;
- проставление путевых точек по космическим снимкам с возможностью скачать файл точек в формате программы OziExplorer;

- скачивание/загрузка векторного контура или трека в распространенных гис-форматах: shp/tab;

- поиск по координатам и адресный поиск.

Дополнительными уникальными возможностями проекта являются:

- поиск спутниковых снимков;
- покупка фрагментов снимков online.

Интерфейс интерактивной карты выполнен на основе технологии Flash.

Проект развивается в сотрудничестве с другими веб-сервисами. Например, ИТЦ «СКАНЭКС» поставляет мозаики снимков для Яндекс.Карты. В декабре 2009 года компания «СКАНЭКС» заключила соглашение с сообществом OSM о предоставлении снимков IRS для неограниченного использования.

Современное развитие геосервисных технологий является одним из индикаторов глобализации, ускорения процессов доставки и обработки данных, более тесного проникновения компьютерных информационных технологий в повседневную жизнь.

GeoMixer — это отечественная технология и программный продукт ИТЦ «СКАНЭКС» для работы с геоданными в Интернете или в локальной сети предприятия. С GeoMixer'ом можно работать и на домашнем компьютере и через Интернет, используя веб-интерфейс.

На базе технологии GeoMixer и сервисов доступа к пространственным данным (спутниковым снимкам, картам, адресным базам) разрабатываются геопортальные решения, которые поддерживают неограниченное число пользовательских подключений, управление правами доступа и совместную работу над проектами.

GeoMixer доступен для скачивания и установки на собственный сервер. Но также есть возможность работать удаленно по Интернету, ничего не устанавливая и используя кластер серверов ИТЦ «СКАНЭКС».

На основе технологии GeoMixer компания ИТЦ «СКАНЭКС» реализует сервисы доступа к данным ДЗЗ и продуктам тематической обработки, таким, как анализ ледовой обстановки, нефтяных загрязнений, пожаров и т.д. За счет автоматизации цепочки обработки и публикации данных удастся добиться оперативного режима доставки данных конечным пользователям, в

интервале от нескольких минут до нескольких часов после пролета спутника. GeoMixer позволяет организовать удаленный авторизованный доступ к данным и кастомизировать пользовательский интерфейс.

Обобщенная схема геоинформационного проекта с применением ПО Геомиксер представлена в соответствии с рисунком 1.1.

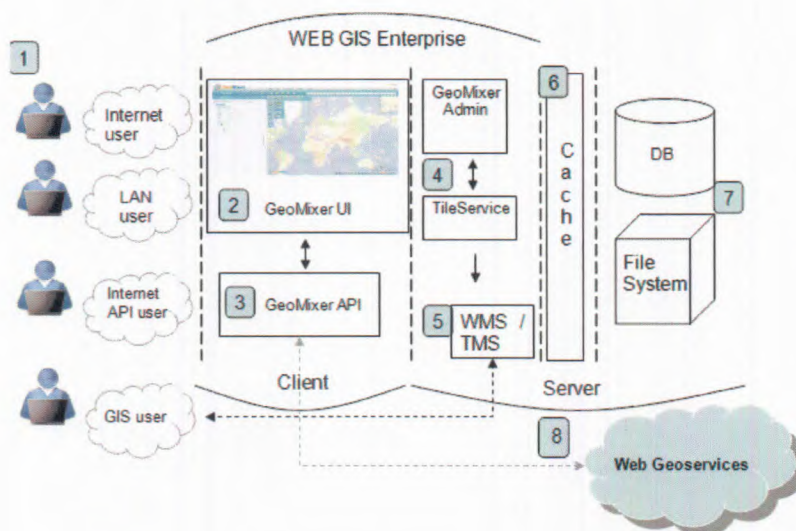


Рисунок 1.1 – Схема интеграции геоинформационных ресурсов на базе технологии ScanEx GeoMixer.

На приведенной схеме указаны следующие компоненты:

1 - пользователи геопортала (интернет-пользователи; пользователи внутренней сети; пользователи геопортала через WMS-доступ к данным);

2 - пользовательский интерфейс GeoMixer Web-GIS, который позволяет создавать собственные проекты на основе геоданных в растровом и векторном виде, подключать к ним дополнительные сервисы, разграничивая права доступа для просмотра или совместной работы;

3 - программный интерфейс управления базовым функционалом геопортала;

4 - модуль администрирования:

- авторизация пользователей системы;
- управление типами пользователей: администратор, редактор, пользователь;
- управление правами доступа к WMS-серверу и слоям геоданных;
- импорт таблиц из БД;
- общие настройки системы;

5 - WMS сервер, передающий растровые данные по стандарту, поддерживаемому большинством ГИС. Тайловый сервер для обеспечения оптимизированного по скорости и производительности доступа к данным;

6 - кеш файловой системы;

7 - системное окружение на сервере, где развернут геопортал: СУБД, веб-сервер;

8 - облачные сервисы с геоданными, доступные через подключение к Интернету.

Для городов, где доступна подробная информация, можно также просматривать так называемую «гибридную» карту, представляющую космический снимок высокого разрешения с наложенной топографией в соответствии с рисунком 1.2.



Топографическая карта

Космический снимок

«Гибрид» снимка и карты

Рисунок 1.2 – Варианты отображения геоданных.

Пользователи могут локально дополнять карту своими данными. Несложные команды позволяют добавить на карту собственные контуры, маркеры, интерактивные подсказки и всплывающие окна. Данные для отображения могут находиться как непосредственно в коде веб-страниц, так и во внешних файлах. В систему управления поведением карты включены стандартные возможности навигации и анимации. Имеется возможность создавать тематические слои непосредственно в режиме просмотра веб-страницы, подобно заполнению формы.

Scanex GeoMixer предоставляет возможность оперативной публикации и обмена данными ДЗЗ и другой геопространственной информацией (векторные и растровые карты, цифровые модели рельефа). Основное назначение продукта: разработка и ведение геопорталов различной тематики. Использование GeoMixer позволяет объединить работу сотрудников организации по локальной сети, а также удаленных пользователей посредством сети Интернет [2].

Scanex GeoMixer предоставляет широкие возможности по работе с космо- и аэроснимками, картами, векторными изображениями, адресными базами. Геопортал доступен для просмотра всем

зарегистрированным пользователям. Для регистрации на геосервере требуется обратиться к администратору с целью создания учетной записи нового пользователя, а также предоставления имени пользователя и пароля. Зарегистрированные пользователи делятся на три категории: Admin, User, Guest – имеющие различные привилегии при работе с геопространственной информацией.

Подключение к геопорталу на основе технологии Scanex GeoMixer может осуществляться различными способами:

- по сети Интернет;
- по локальной сети;
- как к картографическому сервису через сторонние Web- и ГИС-приложения, находящихся в локальной сети и использующих WMS-доступ к данным геопортала.

В соответствии с рисунком 1.3 приведен пример внешнего вида интерфейса геопортала с обозначением его основных элементов.

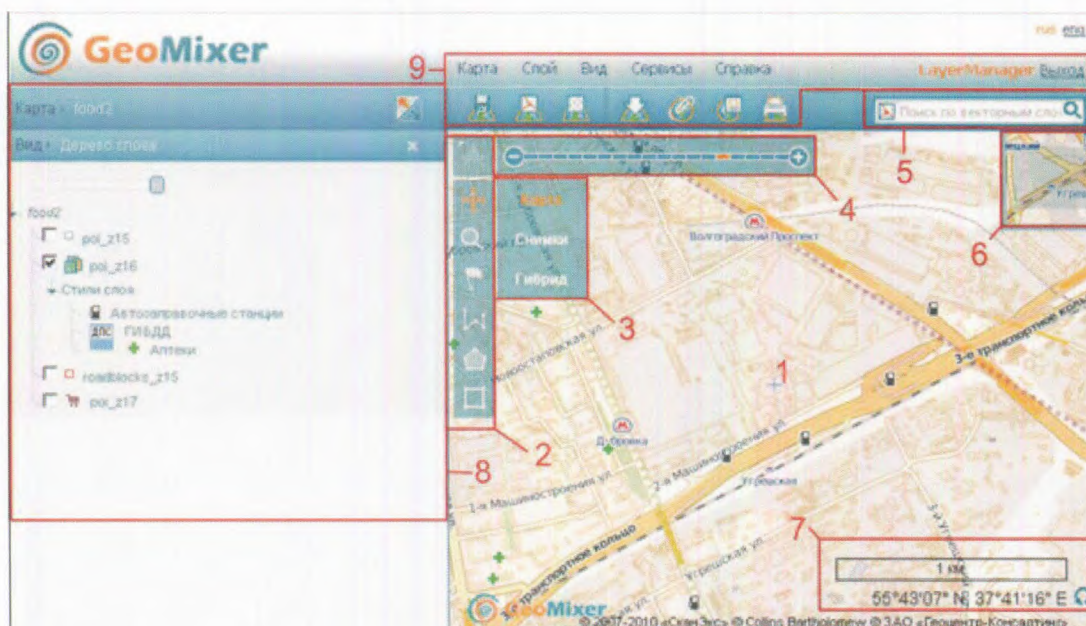


Рисунок 1.3 – Интерфейс геопортала Scanex GeoMixer

Цифрами на рисунке выделены следующие элементы пользовательского интерфейса:

- 1 - активное окно карты;
- 2 - панель инструментов;
- 3 - переключение базовой подложки «карта-снимки». В качестве подложки в GeoMixer могут быть использованы:
 - карта;
 - спутниковые снимки;
 - гибрид – наложение на спутниковые снимки элементов карты;

- данные картографического сервиса OSM;
- 4 - масштабная линейка;
- 5 - строка поиска;
- 6 - миникарта;
- 7 - масштаб и координаты;
- 8 - панель управления картой;
- 9 - пользовательское меню.

Геопространственная информация в Scanex GeoMixer предоставляется в виде наборов проектов, содержащих данные, объединенные, как правило, каким-либо общим признаком: автор проекта, решаемая задача, исследуемая территория и т.д.

Scanex GeoMixer предоставляет возможность создавать проекты трех типов: публичные, открытые, закрытые. После завершения процесса авторизации пользователь получает возможность просматривать открытые для него проекты, а также скачивать и редактировать некоторые данные в зависимости от уровня доступа пользователя, типа проекта, настроек слоев данных.

Слои данных редактируются при помощи панели управления картой. Данные отображаются на экране, если они выделены символом «✓». При наложении слоев друг на друга, отображается слой, располагающийся выше в панели управления картой. Изменение приоритета отображения осуществляется посредством перемещения требуемого слоя вверх по дереву слоев. Возможные действия с определенным слоем данных доступны для просмотра по правому клику мышки на соответствующей записи. Шкала прозрачности, располагающаяся на панели управления картой, позволяет пользователю менять прозрачность выбранного слоя данных с целью оперативного визуального анализа двух слоев одновременно.

Пользователь с правами не ниже User имеет возможность создавать собственные проекты выполнив команду «Карта – Создать» и указав название проекта. Установка прав доступа для других пользователей устанавливается в меню, вызываемое правым кликом мыши по названию проекта и выбором диалога «Права доступа».

Загружаемая на геосервер информация подразделяется на два типа: растровые и векторные данные. Также в GeoMixer пользователь может создать мультислой – совокупность нескольких растровых слоев. Подробное руководство пользователя по добавлению информации на геопортал приведено в [3]. Отображение векторных слоев может быть отредактировано путем выбора опции растрового слоя «Свойства – Стили». Для редактирования доступны: цвет полигонов/линий, толщина границ, диапазон отображения по масштабу, подпись, подсказка при наведении и клике. Изменение набора векторных объектов доступно при помощи фильтров. Права на скачивание

информации устанавливаются для проекта в целом на вкладке «Редактировать – доступ», а также для каждого слоя отдельно на вкладке «Права доступа».

При загрузке растровых изображений в проект, геопортал автоматически производит операцию тайлинга (деления исходного изображения на заданные фрагменты), преобразуя исходные данные в директорию с тайлами. Однако при большом размере изображения (более 1 Гб), операция тайлинга должна быть произведена вручную при помощи программы TilingTools, доступной для скачивания на сайте производителя. На сервер в данном случае загружается директория с тайлами.

Наличие в проекте большого количества информации может затруднить работу пользователя. GeoMixer предоставляет возможность структурировать информацию путем создания дерева слоев, систематизируя слои по необходимым категориям, например: территория, система ДЗЗ, решаемая задача и т.д.

1.3 Создание проекта «Ladoga» в геопортале ЦНИИ РТК GeoMixer

В качестве базовых слоев проекта «Ladoga» использовались мозаики космических снимков со спутника RapidEye за июль-август 2012 и 2013 года из базы данных ЦНИИ РТК.

Каждый снимок RapidEye включает в себя пять каналов в формате NITF в отдельных файлах. Файл снимка в формате NITF помимо изображений содержит также метаданные, характеризующие условия съемки и параметры для выполнения географической привязки.

Предварительная подготовка снимков заключалась в следующем:

1) Объединение изображений нескольких каналов в единый снимок в такой комбинации, которая требуется для базового слоя. Для целей данной работы формируется изображение, максимально приближенное к зрительному восприятию (RGB, каналы 3, 2, 1). Операция выполняется в программе ERDAS IMAGINE при помощи процедуры LayerStack. Выходной формат изображений – IMG;

2) Предварительная радиометрическая коррекция. Исходные изображения RapidEye имеют разрядность 16 бит/пиксель или 65536 градаций яркости. Поскольку в систему RapidEye входят пять спутников, и аппаратура каждого из них имеет различные настройки усиления приемного тракта изображений, снимки значительно отличаются по яркости внутри указанного диапазона. Для предварительного выравнивания яркостей снимков и преобразования их к 8-битному диапазону, применяемому для отображения в геопортале, используется процедура предварительной радиометрической коррекции.

При ее выполнении для всех снимков территории производится расчет исходных данных в виде статистических характеристик (среднее значение, медиана и среднеквадратичное отклонение яркостей). Данные величины определяют параметры преобразования гистограмм изображений, которые записываются в заголовок каждого снимка в виде таблицы пересчета яркостей (LUT -

look up table). Перевод изображений из 16-битного представления в 8-битное происходит с одновременным пересчетом значений яркости снимков в соответствии с LUT-таблицей при помощи процедуры ERDAS IMAGINE – LUT Stretch.

3) Географическая привязка снимков. Операция необходима для определения закона пересчета координат снимка в систему координат геопортального проекта. Исходными данными являются:

- геометрическая модель камеры космической системы RapidEye, заданная рациональными полиномами в метаданных, сопровождающих каждый снимок;
- параметры проекции базового слоя (как правило, это проекция WEB-Mercator);
- опорная матрица рельефа на заданную территорию;
- опорные точки на местности, для уточнения геометрической модели камеры (используются одноименные точки местности с сервиса Bing и OpenStreetMaps).

Для сокращения объема и времени вычислений, снимки не пересчитываются в требуемую систему координат: закон пересчета координат записывается в заголовок изображения формата IMG (выполняется процедура геометрической калибровки). Операция выполняется при помощи процедуры WarpTool ERDAS IMAGINE;

4) Создание мозаики из снимков. Мозаика - это результат ортокоррекции изображений, выбора из них монтируемых областей и линий резки, тональной балансировки и «сшивки» снимков. Операция необходима для получения сплошного покрытия из набора снимков в требуемой проекции и необходимого для базового слоя качества в виде одного файла изображения. Используется процедура MosaicTool ERDAS IMAGINE:

- выполняется вырезка безоблачных фрагментов изображений, создаются файлы границ каждого снимка (в виде файла области интереса ERDAS AOI);
- снимки загружаются в MosaicTool с учетом их границ в виде слоев, выбирается способ и последовательность их наложения. Сверху располагаются снимки более поздние по дате, не имеющие дымки, облачности и бликов на водной поверхности;
- происходит расчет статистических параметров по загруженным фрагментам изображения для окончательного выравнивания их яркостей. Все элементы местности, кроме различной освещенности, обладают также различными оптическими характеристиками в разные сезоны, благодаря чему их изображения на космических снимках различаются по тону.

Для получения единого целого изображения базового слоя без видимых стыков соседних снимков, используется функция Image Dodging в MosaicTool ERDAS IMAGINE. Расчет статистик выполняется с определенным оператором шагом сетки, между узлами которой значения интерполируются полиномами, что позволяет получить на выходе мозаики изображение, максимально выровненное по яркости;

- задается проекция выходного изображения и качество изображения базового слоя в виде размера элемента разрешения (пикселя) на местности;

- итоговая мозаика, представляющая собой ортофотоплан местности, выводится в виде единого изображения или разбивается на части сеткой планшетов номенклатурных листов карты заданного масштаба;

5) Загрузка базового слоя в геопортал в соответствии с рисунками 1.4-1.5. Для обеспечения быстрого доступа к базовому слою используется пирамидальный принцип отображения данных (процедура кэширования). Кэширование изображений улучшает производительность клиентских приложений при геопортальной технологии. При кэшировании предварительно создаются фрагменты изображения на разных уровнях масштаба, которые можно извлекать быстрее, чем при обработке набора данных всей мозаики при каждом запросе. Важный аспект кэширования изображений состоит в том, что изображения не масштабируются и не обрабатываются при каждом запросе, а читаются предварительно подготовленные фрагменты снимков (тайлы).

Для подготовки тайловой разбивки мозаики используется утилита TilingTools из пакета GeoMixer. Тайлы, подготовленные данной утилитой загружаются на сервер геопортала и используются как сервис базового слоя.



Рисунок 1.4 - Базовый слой проекта «Ladoga» геопортала ЦНИИ РТК GeoMixer «RapidEye 2012» - мозаика снимков КА RapidEye за июль – август 2012, прибрежная зона Ладожского озера.

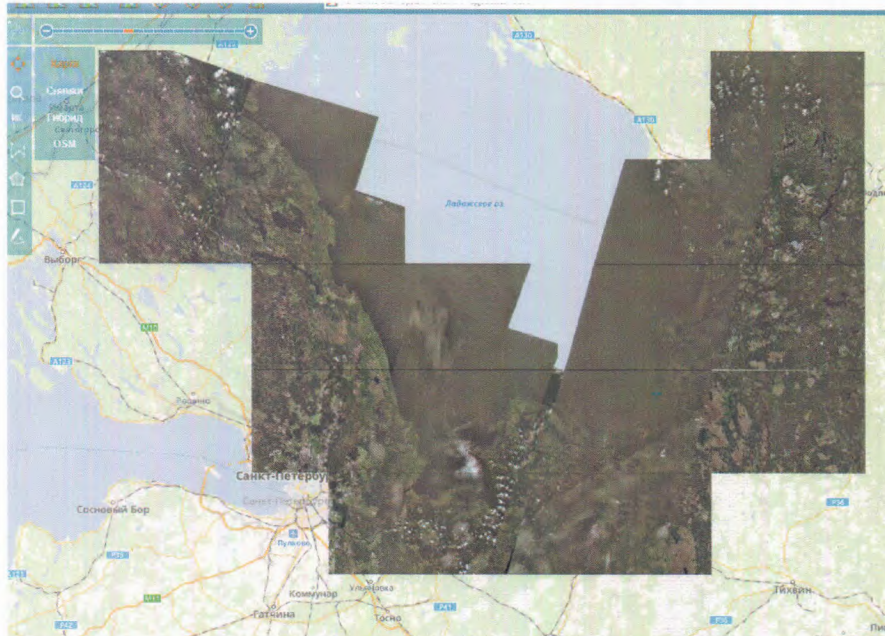


Рисунок 1.5 - Базовый слой проекта «Ladoga» геопортала ЦНИИ РТК GeoMixer «RapidEye 2013» - мозаика снимков КА RapidEye за июль – август 2013, прибрежная зона Ладожского озера.

1.4 Поиск потенциальных мест экологической опасности, свалок

Визуальный поиск свалок осуществлялся по слоям «RapidEye 2012» и «RapidEye 2013». Как правило, для свалок характерна неправильная форма вдоль линейных объектов - авто- и железных дорог, берегов озер с ведущими к ним тропами через лес или через густо произрастающие деревья в соответствии с рисунком 1.6. Содержащиеся в свалках материалы с высокими коэффициентами отражения (бумага, пластик, битое стекло) дают резкое повышение яркости на космических снимках. Исключение составляют менее отражающие сельскохозяйственные, лесохозяйственные и промышленные свалки. Важнейший признак, для дешифрирования свалок на снимках сверхвысокого разрешения - это зернистая текстура, образующаяся за счет неровностей поверхности свалок. Несколько более крупная текстура характерна для промышленных и сельскохозяйственных свалок. Так же засыхание деревьев, которое отчетливо видно на тематических слоях индекса NDVI, в результате попадания ядов от мусора в почву является прямым признаком наличия свалки.



Рисунок 1.6 - Свалка у Волховского шоссе, геопортал ЦНИИ РТК, WorldView -2, 09.06.11

Результатом визуального поиска свалок было создание векторного слоя проекта «Ladoga» геопортала ЦНИИ РТК GeoMixer. Векторный слой возможного расположения свалок в GeoMixer содержит их предполагаемые координаты в соответствии с рисунком 1.7 (таблица 1.2).

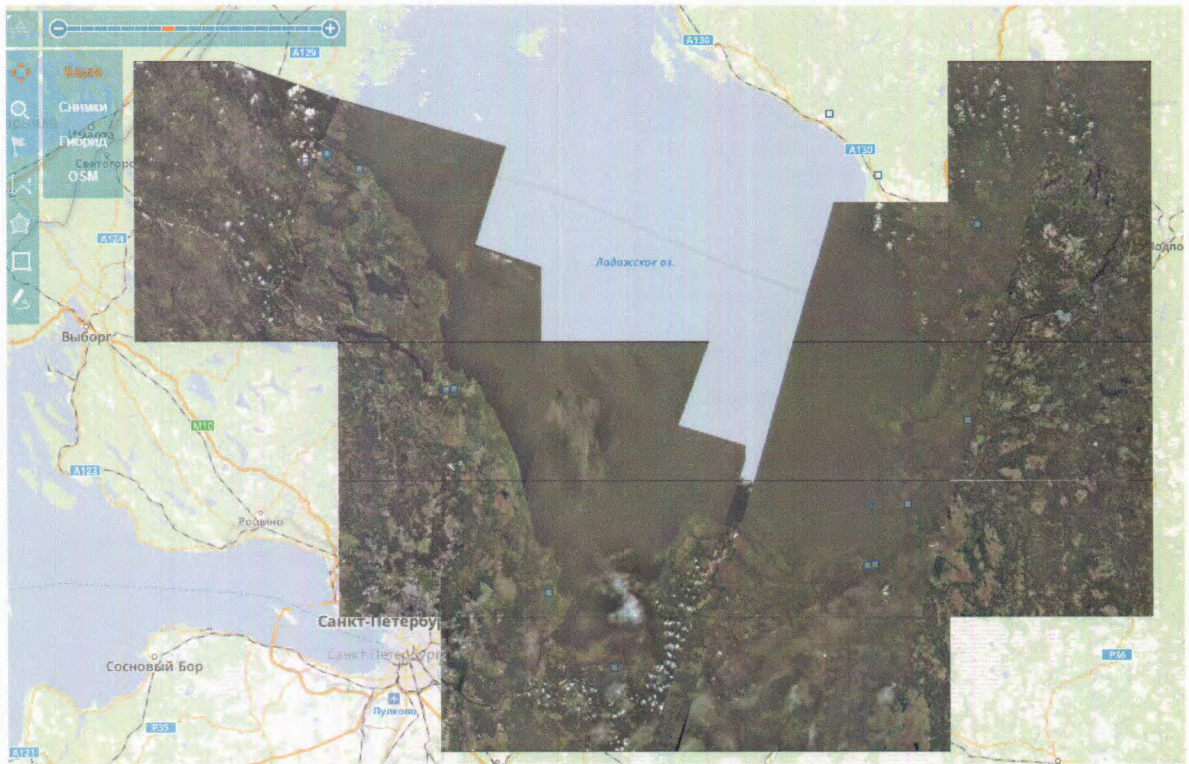


Рисунок 1.7 - Векторный слой (точки синего цвета) проекта «Ladoga» геопортала ЦНИИ РТК GeoMixer возможного расположения свалок.

Таблица 1.2 - Координаты центров участков потенциальных мест экологической опасности, свалок

Номер тестового участка	Координаты
1	61°05'48" N, 29°50'12" E
2	61°06'59" N, 29°56'23" E
3	61°06'50" N, 29°57'01" E
4	61°04'46" N, 30°06'10" E
5	60°33'13" N, 30°31'31" E
6	60°33'24" N, 30°33'56" E
7	60°03'44" N, 31°01'40" E
8	59°52'39" N, 31°20'45" E
9	60°07'40" N, 32°35'28" E
10	60°07'49" N, 32°37'42" E
11	60°16'35" N, 32°47'23" E
12	60°28'52" N, 33°05'09" E
13	60°56'56" N, 33°08'00" E
14	61°03'52" N, 32°38'56" E
15	61°12'37" N, 32°24'50" E

2 Экспедиционные натурные обследования береговой части Ладожского озера

2.1 Организация и проведение полевых исследований

Метод дешифрирования космических снимков при визуальном поиске свалок отходов на местности требует дополнительного инструментального подтверждения (верификации) данной информации, так как не всегда удастся точно идентифицировать назначение и свойства объекта.

С целью оптимизации методики обнаружения свалок опасных отходов, в тестовых береговых зонах Ладожского озера по данным космической информации с заданными координатами (таблица) и их верификации, сотрудники Института озероведения РАН провели серию полевых выездов. С последующей разработкой предварительных рекомендаций для проведения контроля береговых зон Ладожского озера и слежения за поступлением загрязнений от проблемных участков. Исследования проводились в Приозерском, Всеволожском, Кировском и Волховском районах Ленинградской области. Для выполнения полевых работ использовался автомобиль «УАЗ Патриот» иногда не только в качестве транспортного средства, но и как платформа для запуска БПЛА Dji phantom 2 соответствии с рисунком 2.1.

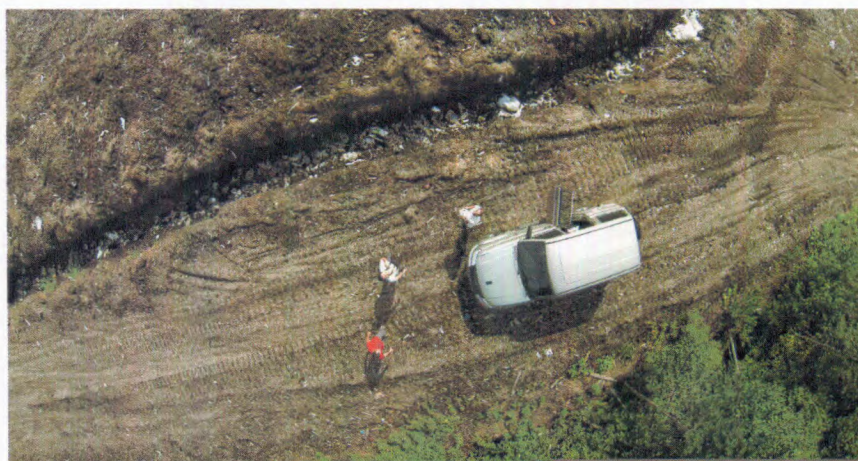


Рисунок 2.1 - «УАЗ Патриот» в районе исследований.

По прибытии в район исследований с указанными координатами, проводились наземная фотосъемка. Также осуществлялся запуск беспилотного летательного аппарата (БПЛА) Dji phantom 2 с подвешенной камерой высокого разрешения go pro 3 способной выполнять видеосъемки с высоты 100-1200м. Это позволило нам расширить рекогносцировку местности и зафиксировать объекты или явления ранее недоступные, а также выявить нарушения на санкционированном полигоне в соответствии с рисунком 2.2.



Рисунок 2.2 – Полигон в п. Сясьстрой ЦБК. Выявлено нарушение хранения ТБО (сжигание мусора) Тестовый участок № 9 60°07'40" N, 32°35'28" E.

Такое оборудование оптимально подходит для решения поставленной задачи благодаря своим техническим характеристикам в соответствии с рисунками 2.3-2.4:

- видеосъемка с разрешением, 4К фото съёмка 12 Мп с возможностью менять угол наклона камеры от 0 до 120 градусов;
- время полёта 22-25 минут максимальная высота 1500м;
- применение gps позволяют БПЛА летать с ветром до 5 м/с;
- возможность взлёта и посадки практически с любой поверхности;
- малые габариты БПЛА и быстрота подготовки к взлёту (3-5 мин).



Рисунок 2.3 - БПЛА Dji phantom 2.



Рисунок 2.4 – запуск БПЛА Dji phantom 2.

Проведение полёта БПЛА Dji phantom 2 состояло из трёх этапов:

1. Подъём на высоту, с которой исследуемая территория гарантированно попадала в поле зрения камеры направленной строго вниз и съёмка с 2-3 точек разнесённых между собой на 40-60м, что позволило детально обследовать тестовый участок, а также привязать полученные кадры на геопортале ЦНИИ РТК GeoMixer.

2. Аналогичная предыдущему пункту съёмка, но при этом камера направлена под углом 45 градусов к горизонту, что позволяет обследовать и зафиксировать состояние прилегающих территорий (максимально до 30-35 км²).

3. Спуск на высоту 70-80 м и несколько пролётов над территорией для получения высоко детальных изображений.

Последовательное выполнение этих трёх этапов позволяло обследовать и фиксировать состояние тестового участка и прилегающей территории и сделать однозначный вывод о наличии здесь свалки (свалок).

В процессе обследования тестовых участков по указанным выше координатам (таблица 1.2) помимо самих полигонов (свалок) удалось выявить загрязнённые и сильно эвтрофированные (участок № 4, 61°04'46" N, 30°06'10" E) прибрежные воды Ладожского озера в соответствии с рисунком 2.5.



Рисунок 2.5 – Эвтрофированный участок побережья Ладожского озера, залив Щучий
Приозерский район, Тестовый участок № 4, 61°04'46" N, 30°06'10" E.

Во время проведения маршрутной съемки по указанным координатам выяснилось, что не все тестовые участки соответствовали критериям поиска. На месте обозначенных «свалок» оказывались другие объекты, например, заросший луг (участок № 11), и объекты хозяйственного назначения гранитный карьер (участок № 2), строительная база (участок № 7), в соответствии с рисунками 2.6-2.9. Для более точного определения координат и идентификации свалок опасных отходов, необходимо детально улучшить методику дешифрирования космических снимков.



Рисунок 2.6 – Строительная база, Тестовый участок № 7, 60°03'44" N, 31°01'40" E
Всеволожский район.



Рисунок 2.7 – Гранитный карьер, Приозерский район, участок № 2, 61°06'59" N, 29°56'23" E.



Рисунок 2.8 – Гранитный карьер, Приозерский район, участок № 2, 61°06'59" N, 29°56'23" E.

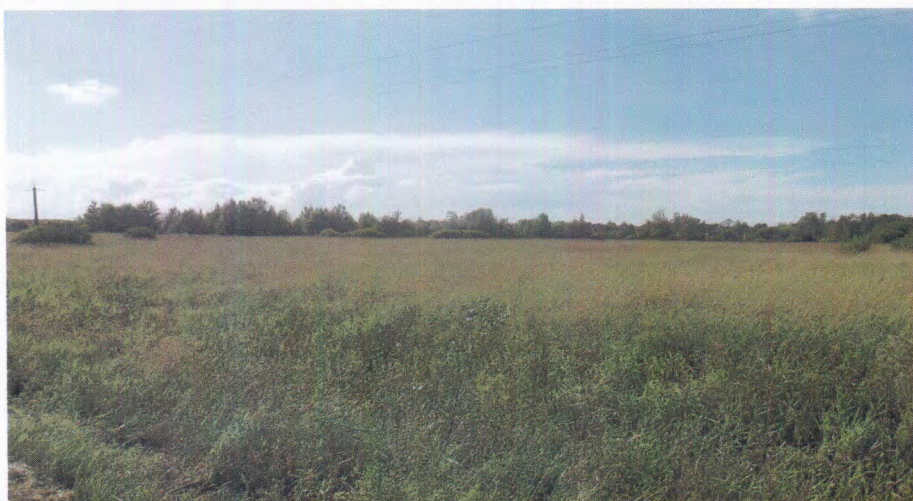


Рисунок 2.9 - Луг, Тестовый участок № 11, 60°16'35" N, 32°47'23" E Волховский район, Мурманское шоссе.

Во время обследования тестовых участков по заданным координатам обнаружены также места возможного несанкционированного дампинга. В Приозерском районе в черте интенсивного дачного строительства были выявлены такие участки. Например, в районе посёлка Денисово формируется несанкционированный полигон на вырубленном участке леса в соответствии с рисунком 2.10. В том же квадрате обследования недалеко от п. Пятиречье в лесной полосе также обнаружено образование свалки ТБО в соответствии с рисунком 2.11.



Рисунок 2.10 – Участок для свалки № 5, $60^{\circ}33'13''$ N, $30^{\circ}31'31''$ E.



Рисунок 2.11 – Участок для свалки в лесной полосе № 6, $60^{\circ}33'24''$ N, $30^{\circ}33'56''$ E.

Вдоль Мурманского шоссе у реки Назия (п. Приладожский) расположен пустырь (тестовый участок № 8, 59°52'39" N, 31°20'45" E), при его посещении обнаружены песчаные отвалы. С помощью квадрокоптера выявлены затопленные низины (со стоячей водой и едким запахом) в соответствии с рисунком 2.12. Самый крупный по площади затопленный участок (с масляной плёнкой и едким запахом) расположен непосредственно возле русла реки Назия. Участки со стоячей грязной водой находятся выше уровня поймы реки. Можно предположить, что во время, снеготаяния или активного выпадения осадков грязная вода из затопленных низин, попадает в реку Назия. Также в непосредственной близости от русла реки Назия расположена Синявинская птицефабрика, которая способствует загрязнению водоёмов биогенными веществами.



Рисунок 2.12 - Пустырь, Участок № 8, 59°52'39" N, 31°20'45" E, пос. Приладожский, река Назия Кировский район.

При обследовании острова (тестовый участок № 12, 60°28'52" N, 33°05'09" E) в районе устья реки Оять, (при впадении её в реку Свирь) у моста в Доможирово на территории заброшенной фабрики выявлены разбросанные вдоль уреза воды кучи промышленного и строительного мусора в соответствии с рисунком 2.12. На территории самого заброшенного промышленного объекта обнаружен навал предположительно промышленного сырья или «отходов» (?) темно-бурого цвета.



Рисунок 2.12 – Промышленный объект, тестовый участок № 12, 60°28'52" N, 33°05'09" E, район устья реки Оять, при впадении её в реку Свирь, Волховский район.

В целом, экспедиционные натурные исследования показали широкие возможности и ряд преимуществ использования БПЛА Djі phantom 2. Высокая оперативность и мобильность в сочетании с возможностью анализировать полученную с аппарата информацию прямо на тестовом участке (просмотр видео записи на ПК- ноутбук) и большой охват исследуемой территории до 40 км²; возможность получать нужную информацию даже при облачной и пасмурной погоде, что даёт преимущество перед спутниками (при облачной погоде космические снимки местности не получить); все эти преимущества БПЛА Djі phantom 2 позволяют эффективно проводить натурные исследования и верифицировать данные, полученные с космических аппаратов.

3 Размещение аэроснимков, полученных с беспилотного летального аппарата квадрокоптер, в геопортале ЦНИИ РТК GeoMixer

В геопортале ЦНИИ РТК были размещены фотоматериалы, полученные в результате маршрутных аэрофотосъемки вблизи берегов Ладожского озера.

3.1 Географическая привязка аэроснимков

В случае, если снимок был сделан с определенной высоты над поверхностью и несущественным отклонением от надира, он может быть привязан к координатам и положен на картографическую подложку в виде отдельного слоя данных. Процесс привязывания графического файла к географическим координатам представляет собой последовательное установление соответствия точек объектов изображения координатам на основе опорной информации. В качестве источника координат опорных точек могут служить: растровые и векторные карты, материалы аэрофотосъемки и спутниковые снимки, информация из открытых Web-ГИС систем.

Исходное изображение представляет собой файл формата JPG без географической привязки и ориентации на север. Операция проведения геопривязки выполнялась посредством программного обеспечения (ПО) ERDAS Imagine. Использовался инструмент «Geometric Correction» - «Polynomial» - «Keyboard only», в котором посредством ручной постановки опорных точек и задания их координат рассчитывается модель пересчета файловых пиксельных координат в координаты на местности. В качестве опорных точек выбираются объекты, координаты которых доподлинно известны. Для снимков высокого пространственного разрешения в качестве таковых могут служить здания и сооружения, пересечения дорог, посаженные в определенном порядке деревья и др. В соответствии с рисунком 3.1 приведена постановка опорных точек для одного снимка. На столь малой площади, охватываемой изображением, зачастую, тяжело найти достаточное количество «эталонных» объектов. В случае неравномерного распределения опорных точек по снимку в результирующем растре могут наблюдаться сильные искажения. В рассматриваемом примере подобного случая удалось избежать.



Рисунок 3.1 – Геопривязка изображения по опорным точкам.

Постановка координат для опорных точек осуществлялась в проекции Pulkovo-1942, имеющей минимальные искажения для Ленинградской области. В качестве выходной проекции была выбрана географическая, как более распространенная и унифицированная. Результирующий геопривязанный растр в формате IMG или GeoTIFF размещался в геопортале отдельным слоем данных в соответствии с рисунком 3.2.



Рисунок 3.2 – Фотоснимок, размещенный в геопортале отдельным слоем геоданных.

3.2 Размещение фотоматериалов в геопортале ЦНИИ РТК

Большое количество фотоснимков, которые требуется представить пользователям в геопортале, выполнены не с летательных аппаратов, под перспективным углом или при помощи искажающей линейные расстояния или углы камеры, что делает невозможной их географическую привязку. Вследствие этого, они могут быть помещены в атрибуты векторного слоя и отображаться по клику на конкретном объекте в соответствии с рисунком 3.3.



Рисунок 3.3 – Фотоснимок, размещенный в геопортале в атрибутах векторного слоя.

ПО GeoMixer не позволяет хранить графические файлы непосредственно в атрибутах векторного слоя. Однако, в случае, если в текстовом атрибутивном поле будет записана ссылка на рисунок в синтаксисе языка HTML, например ` `, то при просмотре атрибутивной информации будет отображаться требуемое изображение.

С целью хранения графических файлов для их последующего использования в геопортальных проектах был создан хостинг хранения данных ЦНИИ РТК в соответствии с рисунком 3.4. Файлы могут быть загружены с сохранением исходным размерам или пропорционально уменьшенные (увеличенные).

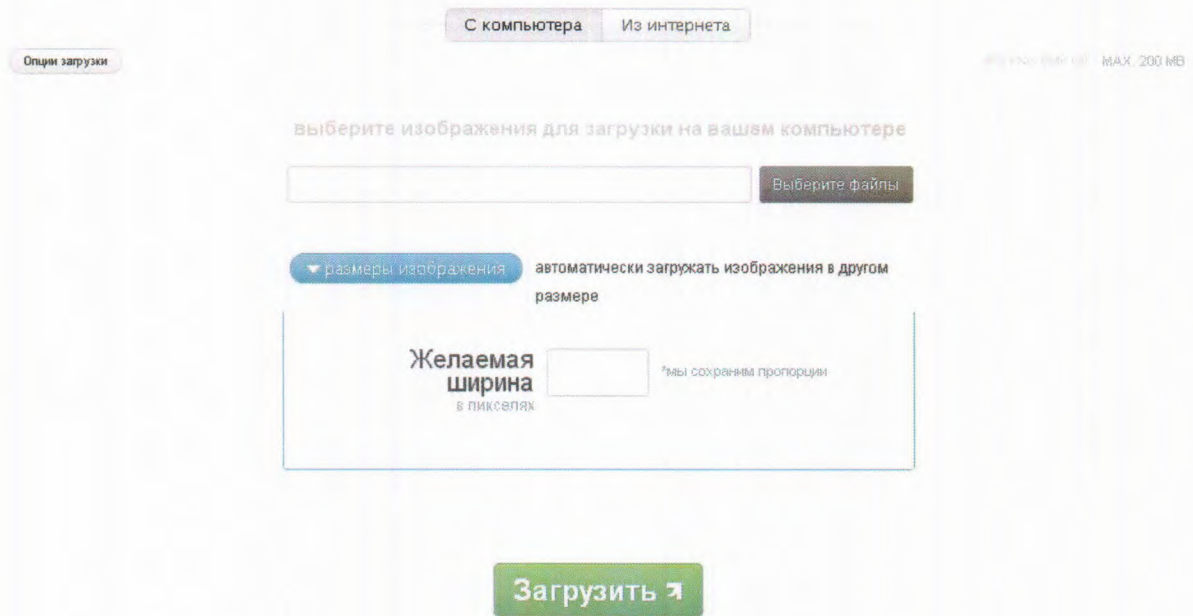


Рисунок 3.4 – Хостинг хранения данных ЦНИИ РТК

Размещенное в атрибутах векторного слоя изображение в свою очередь может быть представлено в полном размере и в виде иконки, по клику на которую графический файл открывается в новом окне в полном размере. Для дифференциации представления изображений в геопортальных проектах, хостинг предлагает варианты формирования ссылок для обоих рассмотренных вариантов в соответствии с рисунком 3.5.

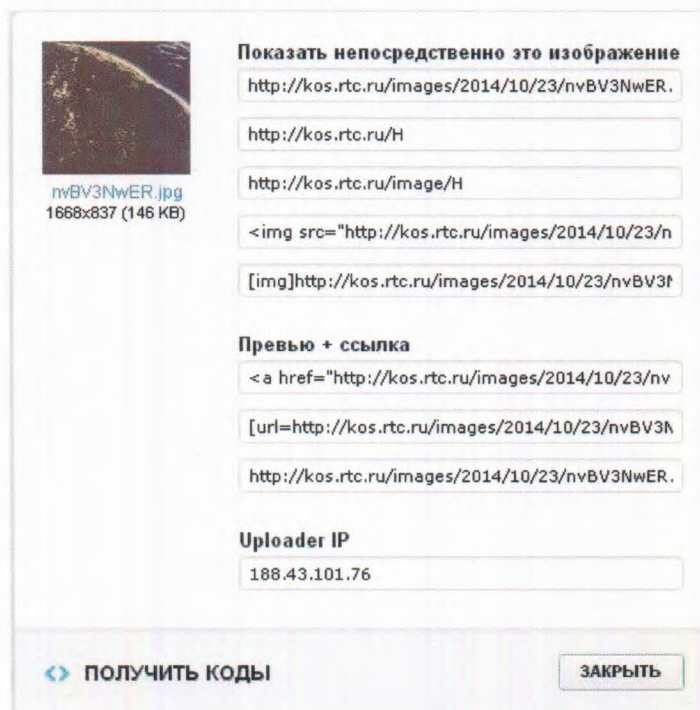


Рисунок 3.5 – Коды для вставки в атрибуты векторного слоя.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В 2014 году были проведены работы по обнаружению несанкционированных свалок отходов промышленной и других видов хозяйственной деятельности в прибрежной зоне Ладожского озера. С целью оптимизации данных работ, были осуществлены камеральные и полевые исследования:

- отбор и дешифрирование космических снимков;
- полевые исследования с использованием наземной фотосъемки;
- полевые исследования с использованием БПЛА;
- размещение полученных снимков с БПЛА на геопортале GeoMixer.
- разработка предварительных рекомендаций для проведения контроля береговых зон и слежения за поступлением различных видов загрязнений от проблемных участков.

Метод визуального поиска и выявления несанкционированных свалок с помощью космических снимков и их дешифрирования требует дополнительного подтверждения (верификации) на местности. В силу погодных и других причин (облачность, количество витков по орбите Земли) не всегда удается получить точную информацию о нужном объекте со спутника. Поэтому проводятся натурные полевые исследования целью, которых является точная идентификация исследуемого объекта или явления. С другой стороны из-за разных обстоятельств (погодные условия, удалённость и недоступность объекта, экономическая целесообразность) проводить полевые исследования иногда бывает невозможно. Тем не менее, сочетание различных методов (дешифрирование космических снимков, использование БПЛА с видеосъемкой), даёт возможность в дальнейшем проводить широкомасштабные комплексные наблюдения, с целью выявления несанкционированных свалок отходов и других опасных объектов или явлений.

Разработана методика, которая позволяет оперативно проводить оценку состояния местности на основе космических данных с заданными координатами. С целью верифицирования космических данных впервые осуществлено исследование такого рода с помощью БПЛА Dji phantom 2. В ходе использования БПЛА был выявлен целый ряд его преимуществ (глава 2.1). Применение беспилотного аппарата позволило быстро и точно идентифицировать различные объекты в прибрежной полосе.

Полученные результаты могут являться основой для планирования системы мониторинга Ладожского озера. Результаты исследований необходимы для принятия решений в области природоохранных мер Ладожского озера. Сочетание данных методов исследований позволяет решать задачи, связанные с экологическим мониторингом водных объектов на всей территории Российской Федерации.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 <http://www.sovzond.ru/satellites/4279/4280.html>
- 2 <http://kosmosnimki.ru>
- 3 <http://geomixer.ru>