Валерий Баринберг

ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ДИРЕКТОР
ГК «СКАНЭКС»

Дорогие друзья!

В одном из прошлых номеров журнала (№ 24) мы рассказывали о новом ключевом проекте нашей компании по разработке Портала спутниковых геоинформационных данных и сервисов морской отрасли. Этот проект стартовал в рамках Национальной технологической инициативы (НТИ) «MariNet» при поддержке Агентства стратегических инициатив и проектного офиса «РВК». Мы активно делились ключевыми целями проекта, задачами, поставленными перед командой компании «СКАНЭКС», опытом наших существующих решений и научными идеями, лежащими в основе разработки.

На сегодняшний день в продакшн-версию выведена основная часть сервисов «Морского портала». Портал получил уже ставшее традиционным название «Scanex Maritime», ранее использовавшееся применительно к продуктам «морского» направления, созданных компанией. «Scanex Maritime» — это современная многофункциональная платформа по предоставлению клиентам морской отрасли геоинформационных сервисов и продуктов, созданных на основе спутниковой информации. В процессе разработки проекта было создано множество функциональных сервисов в различных тематических областях: от контроля судовой навигации до метеорологии. Были внедрены общие инфраструктурные решения, обеспечивающие работу сервисов: веб-портал, геоинформационная платформа, система управления доступом, онлайн-каталог и другие. Заметно расширился круг клиентов и пользователей, а также партнеров — поставщиков продуктов и гео-сервисов.

Сложный и насыщенный процесс разработки в рамках проекта и особые бизнес-требования, предъявляемые клиентами к конечному результату, в конечном итоге определили современный облик платформы. Путь работы над проектом особенно ценен за счет успешного формирования новых связей: между разработчиками, клиентами, партнерами, внешними исполнителями, научными консультантами, работниками проектного комитета НТИ.

В новом номере журнала мы хотим представить основные результаты работ, а также обозначить ряд перспектив. Текущая версия «Морского портала» уже является полноценной функциональной платформой, однако это только начало: в ближайшем будущем портал будет активно развиваться за счет дальнейшего усовершенствования существующих сервисов, а также разработки новых, в максимальной степени отвечающих интересам пользователей.

Мы открыты к сотрудничеству и активному диалогу и, безусловно, понимаем необходимость взаимодействия всех заинтересованных сторон в рамках дальнейшего развития и внедрения современных высокотехнологичных решений для морского рынка. Важно отметить, что благодаря своей универсальности большая часть разработанных сервисов будет востребована не только в проектах морской отрасли, но и в других областях, в том числе в сферах сельского и лесного хозяйства, науки и образования.

Завершая вступительное слово, хочется выразить слова благодарности всем тем, кто принимал участие в проекте: коллективу разработчиков ГК «СКАНЭКС», нашим тематическим специалистам, менеджерам, отделу PR, руководителям проекта. Огромное спасибо также хочется сказать всем партнерам и клиентам, активно поддерживающим наши новые разработки, и, конечно же, проектному офису и Фонду НТИ за оказанную материальную и юридическую поддержку ¶

Содержание

МОРСКОЙ ПОРТАЛ: ТЕХНОЛОГИИ, СЕРВИСЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

О главном

5 *SCANEX MARITIME — ЛОКОМОТИВ КОРПОРАТИВНОГО РАЗВИТИЯ КОМПАНИИ «СКАНЭКС»*

М.А. Иванов, М.П. Велькин, Т.С. Хайбрахманов

10 *КАТАЛОГ СЕРВИСОВ*

32 *КАК МЫ РАБОТАЕМ НАД ПРОЕКТОМ «МОРСКОЙ ПОРТАЛ»*

Команда морского портала

Технологии

36 *ВОССТАНОВЛЕНИЕ ГЛУБИНЫ МОРЯ ПО ПОЛЮ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОЛН*

С.В. Федоров, А.А. Кубряков, С.В. Станичный, Т.С. Хайбрахманов

42 *О ВОЗМОЖНОСТЯХ ПОЛУЧЕНИЯ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ СРЕДСТВАМИ ПО СКАНЭКС ТЕРМИНАЛ® И ИХ ВИЗУАЛИЗАЦИИ В ПО SCANMAGIC® И SCANEX IMAGE PROCESSOR®*

О.И. Государева, Е.Ю. Жданова

Исследования

48 *СПУТНИКОВЫЙ МОНИТОРИНГ НЕФТЯНЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ПЕРСИДСКОГО ЗАЛИВА*

А.Ю. Иванов, Н.В. Терлеева, Н.В. Евтушенко, В.М. Евтушенко

54 ДИСТАНЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ФИТОПЛАНКТОНА В ОКЕАНЕ

В.И. Кравцова

Развитие рынка

62 ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЗАРУБЕЖНЫХ СПУТНИКОВ ДЗЗ СВЕРХВЫСОКОГО ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАЗРЕШЕНИЯ

А.А. Кучейко

Образование

70 «МУЛЬТИСКАН» СОЗДАЕТ «ЦИФРОВОЙ ГЛОБУС»

К.Б. Козаченко, М.К. Раскладкина

Учимся читать

76 ДАННЫЕ С ПОГОДНЫХ СПУТНИКОВ

Дайджест новостей

79 МОРСКИЕ ВЕСТИ

МОРСКОЙ ПОРТАЛ: ТЕХНОЛОГИИ, СЕРВИСЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

SCANEX MARITIME — ЛОКОМОТИВ КОРПОРАТИВНОГО РАЗВИТИЯ КОМПАНИИ «СКАНЭКС»

Михаил Иванов

ДИРЕКТОР ПО IT, РУКОВОДИТЕЛЬ ПРОЕКТА, ГК «СКАНЭКС»

Михаил Велькин

ДИРЕКТОР ДЕПАРТАМЕНТА ПРОГРАММНЫХ РЕШЕНИЙ ГК «СКАНЭКС», ТЕХНИЧЕСКИЙ РУКОВОДИТЕЛЬ ПРОЕКТА

Тимур Хайбрахманов

РУКОВОДИТЕЛЬ ДЕПАРТАМЕНТА ТЕМАТИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ И АНАЛИТИКИ ГК «СКАНЭКС», ТЕМАТИЧЕСКИЙ РУКОВОДИТЕЛЬ ПРОЕКТА

С осени 2016 г. компания «СКАНЭКС» реализует большой проект по созданию Портала спутниковых геоинформационных данных и сервисов морской отрасли («Морской портал»). Разработка ведется в рамках Национальной технологической инициативы (НТИ) «Маринет», направленной на поддержку российского бизнеса для его устойчивого закрепления на мировых морехозяйственных рынках будущего.

Сегодня за более чем два года выполнения проекта было достигнуто множество значимых результатов, а сам «Морской портал» получил традиционное для продуктов компании «СКАНЭКС» название «Scanex Maritime» и, по сути, объединил в себе все продукты, услуги, геосервисы и обеспечивающие информационные системы в сферах морской отрасли.

На текущий момент «Scanex Maritime», доступный по адресу в Интернете maritime.earth, состоит из следующих основных компонентов.

- **Информационный портал** представляет собой постоянно обновляющийся новостной ресурс, на котором отражены последние значимые новости морской отрасли, разбитые по «тегам» — тематическим рубрикам (рис. 1), сюда же входит научно-популярный каталог статей (блог), подготовленных специалистами, клиентами и партнерами компании «СКАНЭКС».
- **Каталог услуг** — набор существующих геосервисов и продуктов компании, созданных в ходе проекта (рис. 2). На текущий момент в каталоге представлены более десяти наименований услуг. Большинство из них являются автоматизированными геосервисами, которые можно подключать в геоинформационные системы заказчика.
- **Веб-приложения пользователей** являются самостоятельными геоинформациоными продуктами, созданными путем публикации сервисов каталога услуг в облачной ГИС GeoMixer, являющейся собственной разработкой компании «СКАНЭКС» (рис. 3). Данные приложения совмещают в себе функциональность сервисов с широким инструментарием базовой веб-платформы, предоставляя пользователю всё необходимое для решения своих задач.

Подробнее о существующих геосервисах портала «Scanex Maritime» читайте в кратком каталоге сервисов.

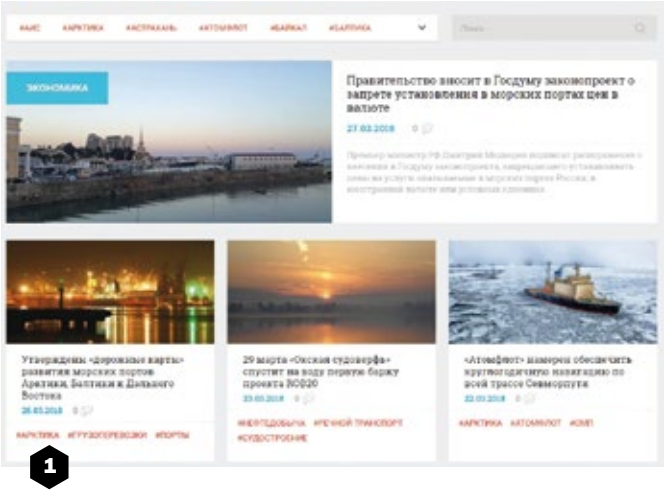


Рис. 1. Новостная лента информационного портала «Scanex Maritime»

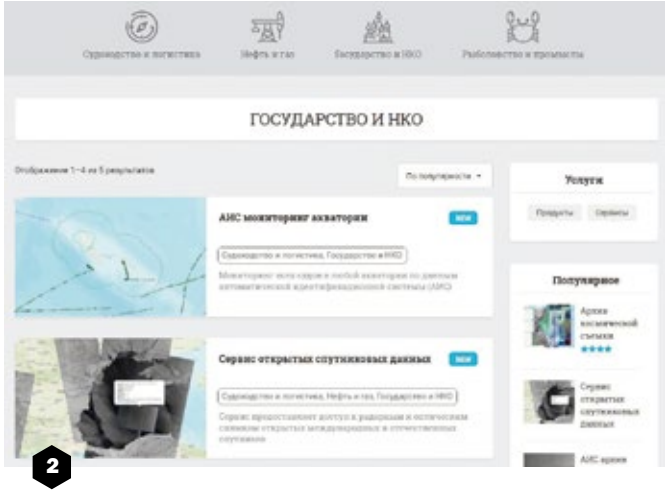


Рис. 2. Каталог услуг «Scanex Maritime»

Подводя итоги текущих достижений в области разработки морского портала, следует отметить отдельными строками несколько цифр:

- **10 сервисов** портала уже доступны пользователю;
- **5 дополнительных сервисов** планируется ввести в эксплуатацию до конца 2018 г.;
- **5 новых сервисов** ждут пользователей в 2019 г.;
- **Более 30 источников данных** интегрированы в сервисы портала;
- **Более 15 клиентов** уже оценили услуги портала, среди них компания «Газпром нефть», ПАО «Совкомфлот», ФГУП «Атомфлот», ООО «Лукойл-Нижневолжскнефть», «Большой порт Санкт-Петербург» и другие;
- **Более 8 поставщиков** сервисов и услуг размещают свои продукты на нашей платформе: C-Map Russia, Фертоинг, ExactEarth (Канада), FleetMon (Германия), IHS (США) и другие.

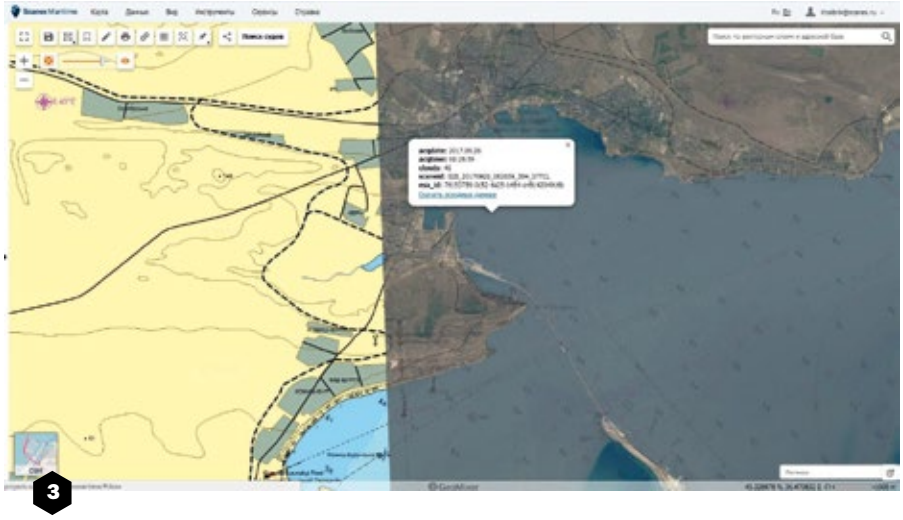
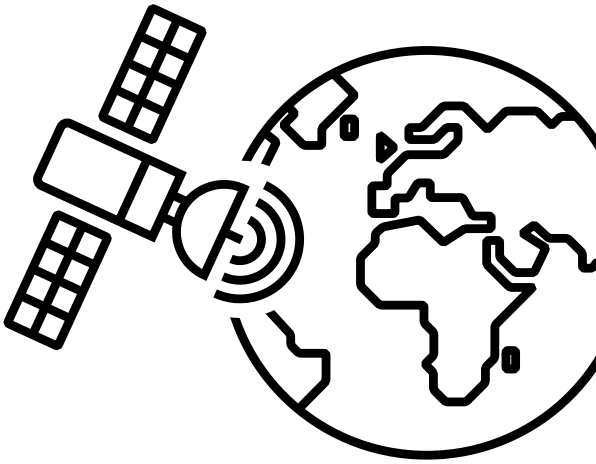


Рис. 3. Пример пользовательского веб-приложения «Scanex Maritime»

Мы всегда рады новым клиентам и партнерам, всегда готовы расширять горизонты сотрудничества и взаимодействия в области информационного обеспечения мореходзяйственной деятельности. ¶

ПРОДУКТЫ СКАНЭКС



ГЕОСЕРВИСЫ И БАЗОВЫЕ УСЛУГИ

ГЕОСЕРВИСЫ	WEB-GIS GEOMIXER	REST API	OGC WMS/ WFS
SCANEX AIS доступ к оперативной и архивной информации о навигационно-судовой обстановке в любой акватории мира	+	+	СКОРО
SCANEX SHIPDETECTION детектирование судна в любой точке света по радарным космическим изображениям	+	СКОРО	
C-MAP CHARTS электронные навигационные веб-карты от компании C-MAP	+	+	
SCANEX UKCM Under Keel Clearance Management — расчет безопасной осадки судна	+		
SCANEX ACCESS доступ к актуальным открытым спутниковым данным	+		СКОРО
SCANEX ICE спутниковый мониторинг морского льда	+	+	+
SCANEX ICECONCENTRATION оперативный всепогодный мониторинг сплоченности льда	+	+	+
SCANEX DRIFTER моделирование дрейфа плавающих объектов	+		
SCANEX METEO геоинформационный сервис архива и прогноза погоды	СКОРО	+	+
SCANEX OCEAN сервис мониторинга Мирового океана	СКОРО	+	+
SCANEX ATLAS сервис доступа к цифровым тематическим картам Мирового океана	СКОРО	+	

ГЕОСЕРВИСЫ	WEB-GIS GEOMIXER	КАРТЫ	ОТЧЕТЫ
SCANEX EXPERT тематическая экспертиза и дешифрирование (по различным направлениям деятельности)	+	+	+
SCANEX MAPPING тематическое картографирование (составление карт, схем, покрытий, оцифровка данных)	+	+	
SCANEX CATALOG заказ и обработка коммерческих космических снимков из каталога компании «СКАНЭКС»	+		

ВОЗМОЖНЫЕ КОМБИНАЦИИ ГЕОСЕРВИСОВ И УСЛУГ

COSMOSOIL

ВЫЯВЛЕНИЕ И ПРОГНОЗ ДРЕЙФА НЕФТЯНЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ В МОРЕ

SCANEX ACCESS
для поиска нефтяных загрязнений в море

SCANEX CATALOG
заказ коммерческой радарной съемки RADARSAT-2, TerraSAR-X, CosmoSkyMed для детального поиска загрязнений в море в случае отсутствия открытых данных

SCANEX EXPERT
услуга по выявлению нефтяных загрязнений по снимкам, поиска источника загрязнений, составление отчетов*

SCANEX DRIFTER
расчет дрейфа нефтяных пятен в историческом аспекте и для прогноза их перемещений*

COSMOSICE

МОНИТОРИНГ ЛЕДОВОЙ ОБСТАНОВКИ В ЗАМЕРЗАЮЩИХ АКВАТОРИЯХ

SCANEX ACCESS
регулярный мониторинг состояния морского льда по всем типам открытых спутниковых данных

SCANEX ICE
оптимизация доставки снимков ледовой обстановки в бортовые устройства и системы клиента при необходимости*

SCANEX ICECONCENTRATION
ежедневный всепогодный мониторинг сплоченности льда для обзорного анализа*

SCANEX CATALOG
заказ коммерческой радарной съемки RADARSAT-2, TerraSAR-X, CosmoSkyMed для покрытия акваторий при отсутствии открытых данных*

SCANEX EXPERT
услуги по дешифрированию морского льда и составлению ледовых карт*

SCANEX METEO
геоинформационный сервис архива и прогноза погоды для производства ледовых прогнозов*

SCANEX AIS
доступ к оперативной и архивной информации о навигационно-судовой обстановке в замерзающих морях в целях ледовой проводки судов*

СОСТАВ ПРОДУКТА

ТЕХНИЧЕСКОЕ ИСПОЛНЕНИЕ

ГЕОПОРТАЛ НА GEOMIXER
с публикацией данных, подключенных сервисов и результатов экспертных услуг

PDF-ОТЧЕТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ
экспертных услуг*

* опционально

COSMOSOCEAN

КОМПЛЕКСНЫЙ МОНИТОРИНГ МИРОВОГО ОКЕАНА

SCANEX OCEAN
сервис ежедневного мониторинга Мирового океана по спутниковым данным

SCANEX ATLAS
доступ к архиву реанализов мониторинга океана

SCANEX ACCESS
доступ к актуальным открытым спутниковым данным в целях непрерывного мониторинга

SCANEX CATALOG
заказ коммерческой космической съемки (оптические и радарные аппараты) при необходимости*

SCANEX ICECONCENTRATION
оперативный всепогодный мониторинг сплоченности льда*

SCANEX METEO
геоинформационный сервис архива и прогноза погоды*

SCANEX AIS
доступ к оперативной и архивной информации о навигационно-судовой обстановке в любой акватории мира *

SCANEX EXPERT
сложная экспертная аналитика для интегральных исследований и получения конечных результатов мониторинга*

COSMOSVESSEL

КОМПЛЕКСНЫЙ МОНИТОРИНГ СУДОВОЙ ОБСТАНОВКИ

SCANEX AIS
доступ к оперативной и архивной информации о навигационно-судовой обстановке

SCANEX SHIPDETECTION
детектирование судна по радарным космическим изображениям в случае отсутствия сигналов АИС судна*

C-MAP CHARTS
электронные веб-карты от компании C-MAP для анализа существующих навигационных ограничений и правил*

SCANEX CATALOG
заказ коммерческой космической съемки (оптические и радарные аппараты) при необходимости*

SCANEX EXPERT
экспертиза по отметкам судов (выявление нарушений, поиск судна, браконьерство и т. п.)*

COSMOSPORT

КОМПЛЕКСНЫЙ МОНИТОРИНГ ПОРТОВЫХ АКВАТОРИЙ

SCANEX AIS
доступ к оперативной и архивной информации о навигационно-судовой обстановке в портовой акватории

SCANEX UKCM
расчет безопасной осадки судна и зон проходимости в портах при загрузке

SCANEX ICE
спутниковый мониторинг морского льда в портовой акватории при необходимости*

SCANEX ACCESS
доступ к актуальным открытым спутниковым данным для обеспечения мониторинга ледовой и экологической обстановки*

C-MAP CHARTS
электронные веб-карты от компании C-MAP для анализа навигационных ограничений и правил в порту*

SCANEX CATALOG
заказ коммерческой космической съемки (оптические и радарные аппараты) при необходимости*

SCANEX EXPERT
сложная экспертиза (экологический мониторинг, слежение за инфраструктурой порта и др.)*

SCANEX METEO
прогноз погоды в порту для планирования работ и информирования клиентов *

ТЕЛЕФОН/SMS/E-MAIL
уведомления

OGC/API ВЕРСИИ СЕРВИСОВ
для подключения в системы клиента*

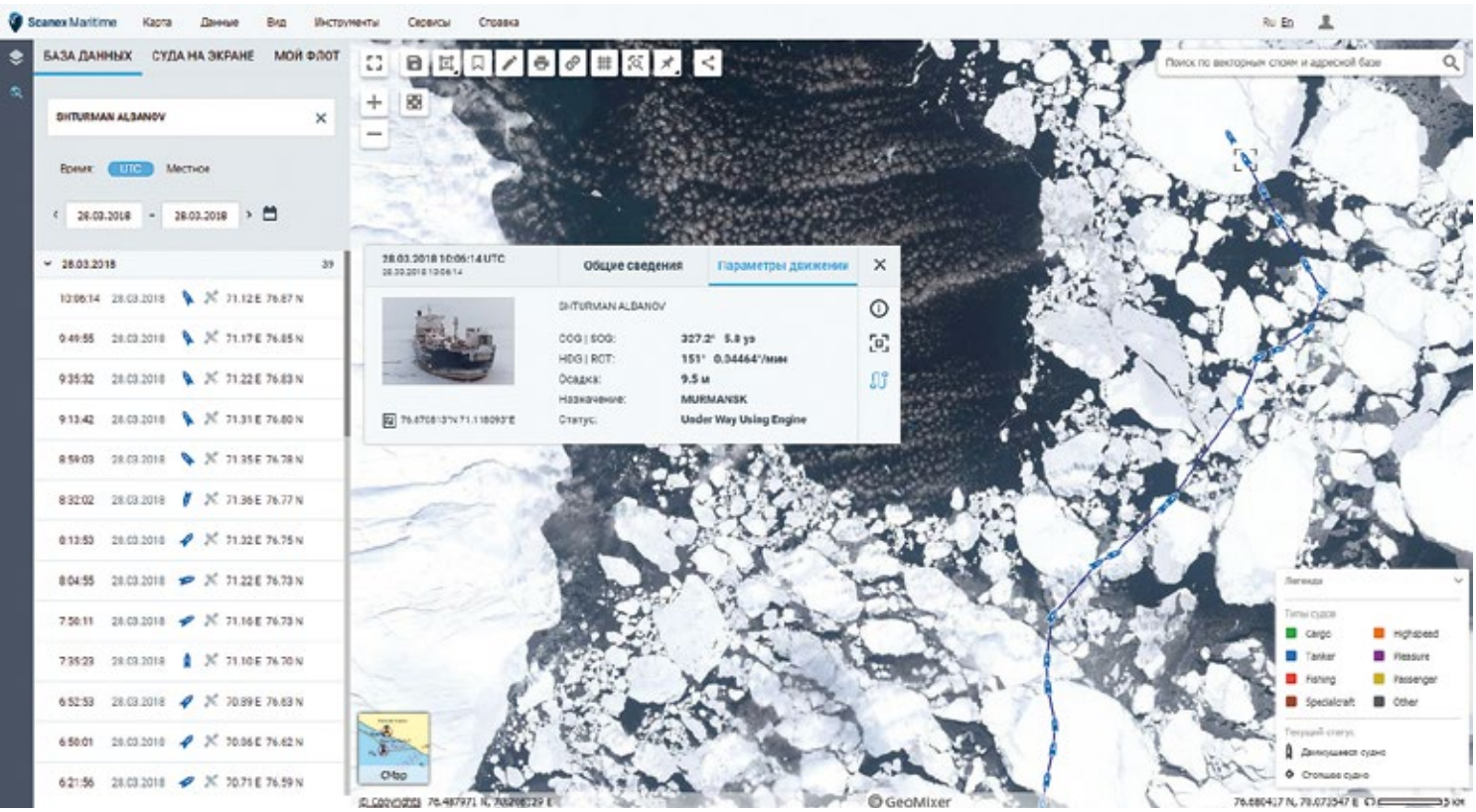
SCANEX AIS

ДОСТУП К ОПЕРАТИВНОЙ И АРХИВНОЙ ИНФОРМАЦИИ О НАВИГАЦИОННО-СУДОВОЙ ОБСТАНОВКЕ В ЛЮБОЙ АКВАТОРИИ МИРА

ВАРИАНТЫ ПОСТАВКИ

- Web-GIS GeoMixer
- REST API
- OGC WFS *(скоро)*

Сервисы на основе данных АИС — автоматической идентификационной системы — предназначены для мониторинга морского трафика по всему миру.
Scanex AIS позволяет получить актуальную информацию о местоположении судов в реальном времени, а также статистические данные об их динамических бортовых характеристиках. Мониторинг реализован в виде геоинформационного сервиса, который может быть интегрирован в различные информационные системы или быть доступным в виде нашего специализированного веб-приложения.



РЕШАЕМЫЕ ЗАДАЧИ

- контроль над перемещениями одного или нескольких судов в любой момент времени, включая архивные записи;
- мониторинг перемещения всех судов в любой акватории мира;
- оперативное реагирование на изменения динамических свойств судна: курса и путевого угла, скорости перемещения, осадки, статуса движения и других параметров;
- доступ к историческим значениям атрибутов движения судна, переданных с борта;
- информирование о времени прибытия судна в порт или любой другой заданный пункт назначения;
- фиксация пересечений судами границ установленных акваторий и входа в охраняемые воды;
- слежение за навигационно-судовой активностью судов компаний-конкурентов по всему миру;
- исторический учет глобального судового трафика для выявления экономической целесообразности размещения объектов обслуживания.

КЛЮЧЕВЫЕ ОСОБЕННОСТИ

- инструмент «Мой флот», позволяющий персонализировать отобранный список судов и оптимизировать поиск по ним в любой момент времени;
- sms- и e-mail-уведомления о настраиваемых важных событиях: прибытие в порт, пересечение границ, изменения в осадке судна и других его динамических характеристиках;
- доступ к интерактивной карте, наглядно иллюстрирующей положение и перемещение судна, а также список его характеристик в текущий момент времени;
- расширенный инструмент поиска судна по наименованию, позывному, IMO, MMSI, географическим координатам и в пределах заданных границ на карте;
- автоматическое формирование списка истории судна и построение треков его движения.

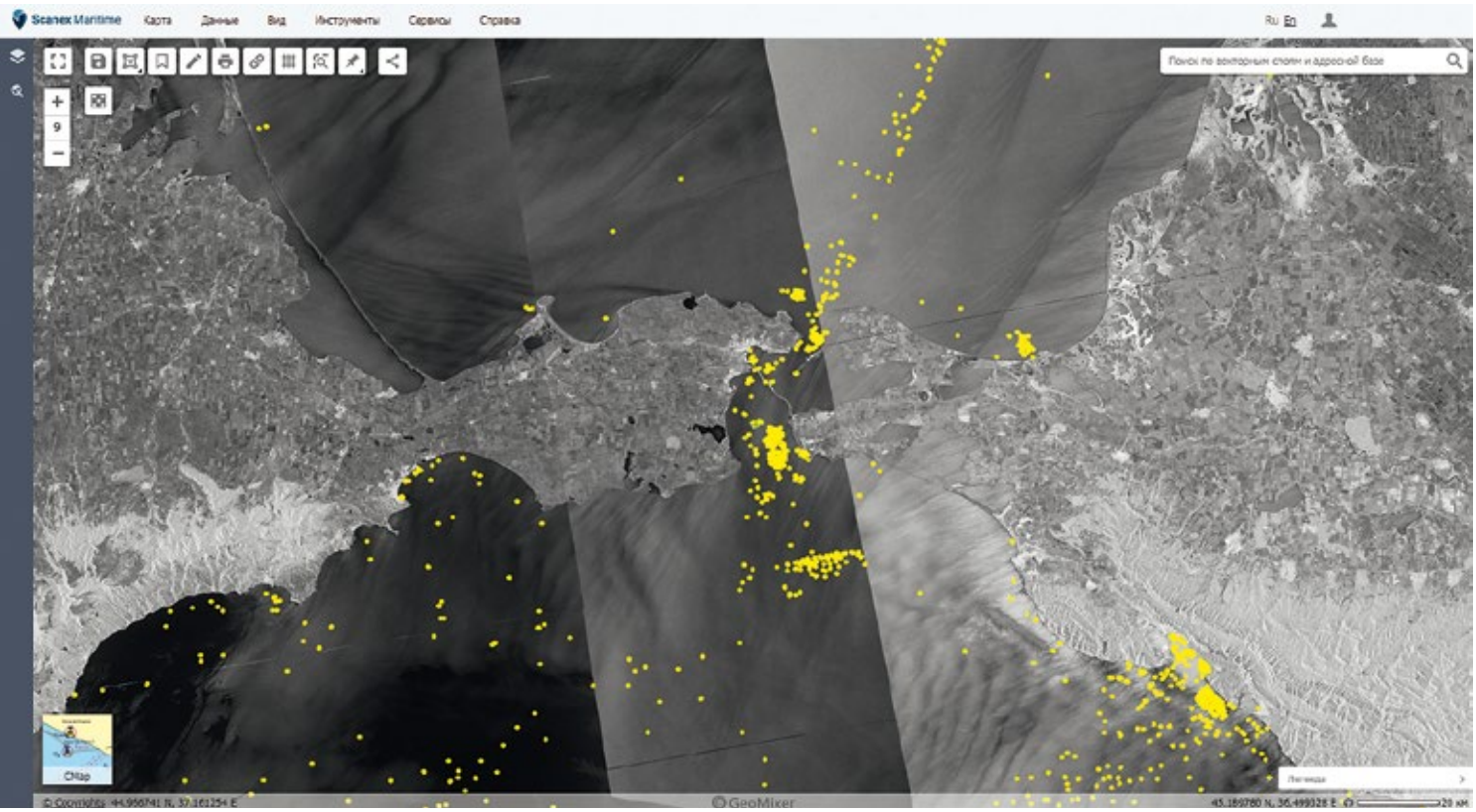
SCANEX SHIPDETECTION

ДЕТЕКТИРОВАНИЕ СУДНА В ЛЮБОЙ ТОЧКЕ СВЕТА ПО РАДАРНЫМ КОСМИЧЕСКИМ ИЗОБРАЖЕНИЯМ

ВАРИАНТЫ ПОСТАВКИ

- Web-GIS GeoMixer
- REST API *(скоро)*

Сервис позволяет обнаруживать суда, которые отключили передатчики АИС и другие приборы для передачи координат местоположения (например, Inmarsat, Iridium). Определение судов производится на основе радиолокационных спутниковых данных в автоматическом режиме посредством встроенного в сервис алгоритма.



РЕШАЕМЫЕ ЗАДАЧИ

- дистанционный анализ загруженности порта/акватории даже при отключенных передатчиках АИС;
- выявление нарушений при пересечения судами запрещенных границ и акваторий;
- определение базовых характеристик судна при отключенном оборудовании АИС: размеров, курса и скорости движения.

КЛЮЧЕВЫЕ ОСОБЕННОСТИ

- достоверность информации, получаемой в результате радиолокационной съемки, для определения характеристик и координат судов;
- всепогодность — эффективность сервиса не зависит от погодных условий, облачности и времени суток;
- оперативность получения информации обеспечивается за счет прямого приема данных на сеть станций ГК «СКАНЭКС»;
- гибкая система доставки информации: через облачную платформу, в виде отчетов или непосредственно в информационную среду заказчика;
- определение судов в полностью автоматическом режиме.

C-MAP CHARTS

ЭЛЕКТРОННЫЕ НАВИГАЦИОННЫЕ ВЕБ-КАРТЫ ОТ КОМПАНИИ C-MAP

ВАРИАНТЫ ПОСТАВКИ

- REST API
- Web-GIS GeoMixer

Электронные навигационные карты компании C-MAP давно заслужили признание благодаря своему высокому качеству, полноте данных и их детализации. Партнерское соглашение между C-MAP Russia (компания «Круиз») и ГК «СКАНЭКС» позволяет предоставить пользователям наших сервисов доступ к глобальному покрытию ЭНК по всему миру в виде сплошной картографической основы тайлового сервиса.

РЕШАЕМЫЕ ЗАДАЧИ

- анализ навигационных особенностей судоходства;
- выявление нарушений прохода судами запрещенных морских зон;
- предоставление актуальной информации о батиметрии дна для выявления опасных участков судоходства и иной производственной деятельности;
- построение производных продуктов совмещенного анализа космической съемки и данных ЭНК: выявление закономерностей между надводными и подводными параметрами акватории, определение надежных маршрутов плавания в условиях ледовой обстановки, выявление визуального характера отображения морских ориентиров и др.

КЛЮЧЕВЫЕ ОСОБЕННОСТИ

- все ЭНК представлены в виде единого бесшовного покрытия всех морских акваторий мира, что улучшает восприятие и анализ информации;
- поддержка открытых стандартов интерфейса, обеспечивающая интеграцию данных в информационную систему заказчика;
- возможность использования веб-ГИС «СКАНЭКС» для просмотра и анализа ЭНК и сопутствующих слоев данных, а также подключение смежных сервисов: Scanex AIS, Scanex UKCM, Scanex ShipDetection и др.;
- наличие большого штата внутренних экспертов, которых возможно привлечь к выполнению аналитических задач;
- возможность заказать отдельные слои и наборы данных ЭНК в геоинформационных форматах у поставщика данных.

SCANEX UKCM

UNDER KEEL CLEARANCE MANAGEMENT — РАСЧЕТ БЕЗОПАСНОЙ ОСАДКИ СУДНА

ВАРИАНТЫ ПОСТАВКИ

- Web-GIS GeoMixer

Сервис расчета безопасной осадки (Under Keel Clearance Management — UKCM)предназначен для определения условий безопасного захода в порт/выхода из порта при максимальной загрузке судна. Сервис предоставляет пользователю максимально точные данные*, позволяющие судну свободно проходить в узких каналах на ограниченных глубинах и увеличить его максимальную осадку**.

Расчет безопасной осадки для каждого конкретного порта основывается на анализе следующих параметров:

- результатах батиметрических промеров: на их основе создаются карты в формате S-57, которые могут быть экспортированы для использования в бортовых навигационных системах (ECDIS);
- текущих данных по уровню воды, базирующихся на информации из официальных источников и поступающих в сервис в автоматическом режиме: на их основе рассчитываются зоны безопасного прохода судна (с заданной осадкой);
- архивных и прогнозных данных по уровню воды и метеоусловиям, получаемых из официальных источников (если таковые отсутствуют или не достоверны, то прогноз обеспечивается путем моделирования на основе статистических данных с последующей верификацией);
- проекте конкретных судов.

Расчет зоны безопасного прохода основан на применении встроенного алгоритма и производится с учетом текущей осадки судна, запаса под килем (UKC) и расчетной просадки в зависимости от планируемой/требуемой скорости движения по мелководному участку. В результате выбора оптимальной комбинации осадки и времени выхода из порта формируется маршрут и график движения по нему, доступные для согласования всеми участниками процесса, в том числе капитанией порта. Все компоненты сервиса UKCM переводятся

КЛЮЧЕВЫЕ ОСОБЕННОСТИ

- автоматический расчет максимальной и безопасной осадки;
- интеграция всех данных для комплексного анализа;
- доступ для всех заинтересованных сторон (грузоперевозчики — фрахтователи — капитания-стивидоры);
- интеграция сервиса в информационные и бортовые навигационные системы;
- кастомизация функционала под задачи заказчика;
- интеграция с другими сервисами компании «СКАНЭКС»: Scanex AIS, Scanex Ice, Scanex Meteo и др.

в режим «мониторинга»: система контролирует движение судна по утвержденному графику, а также сравнивает текущие параметры с прогнозными для анализа возможных отклонений. При отклонении от допустимых параметров система известит всех участников процесса. Расчет производится в режиме реального времени, а также с прогнозом уровня на ближайшие 12 часов для планирования оптимального времени окончания погрузки и выхода в рейс.

Применение сервиса расчета безопасной осадки судна позволяет повысить навигационную безопасность в акватории порта и на подходных каналах за счет оперативного получения данных и интеграции сведений по батиметрии и уровню воды. Основным экономическим эффектом использования сервиса является возможность дополнительной загрузки судна.

* *Расчет показателей осуществляется для портов, на которые распространяется действие сервиса*

** *Сервис должен быть одобрен капитанией порта*

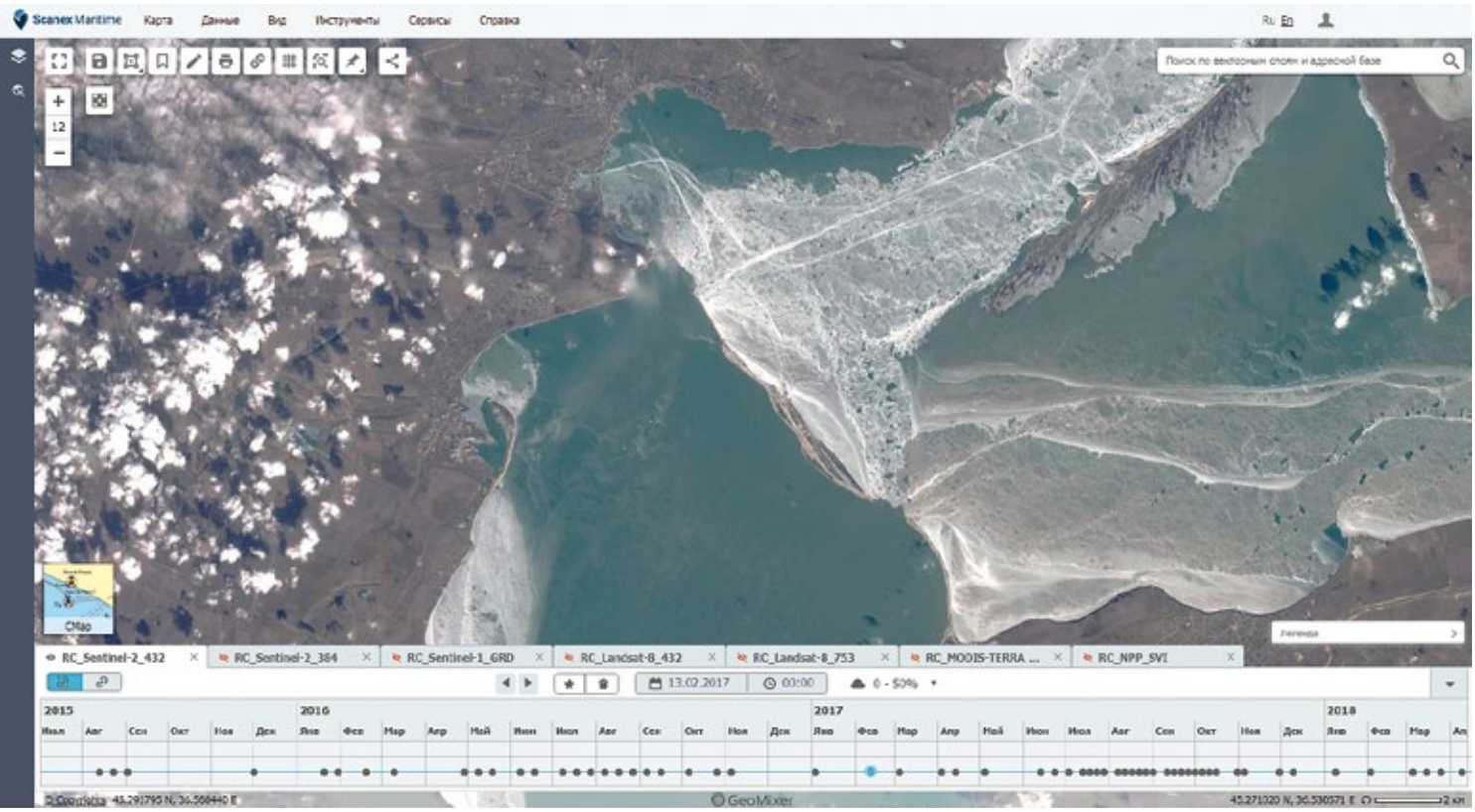
SCANEX ACCESS

ДОСТУП К АКТУАЛЬНЫМ ОТКРЫТЫМ СПУТНИКОВЫМ ДАННЫМ

ВАРИАНТЫ ПОСТАВКИ

- Web-GIS GeoMixer
- OGC WMS *(скоро)*

Сервис предоставляет доступ к радарным и оптическим снимкам открытых данных со спутников Sentinel-1, Sentinel-1, Landsat 8, Terra/Aqua, SuomiNPP и др. В зависимости от спутника, пространственное разрешение колеблется в диапазоне от 10 до 1000 метров/пиксель.



РЕШАЕМЫЕ ЗАДАЧИ

- мониторинг ледовой и паводковой обстановки;
- инвентаризация сельскохозяйственных земель;
- создание картографической основы;
- мониторинг развития инфраструктуры;
- выявление последствий чрезвычайных ситуаций;
- мониторинг рубок;
- определение очагов природных пожаров;
- множество других производственных и научно-исследовательских задач.

КЛЮЧЕВЫЕ ОСОБЕННОСТИ

- уникальность платформы как среды интеграции открытой оптической и радарной съемки;
- совместимость через поддержку открытых стандартов интерфейса с интеграцией данных в информационные системы клиента;
- возможность загрузки исходных данных съемки и готовых продуктов их обработки;
- экономия человеческого и машинного ресурса;
- удобство в использовании функциональных инструментов от выбора зоны интереса до временного слайдера;
- возможность заказа дополнительных данных на неохваченные районы;
- информирование с помощью системы автоматических уведомлений при появлении новой съемки на район интереса;
- масштабируемость с возможностью добавления собственных данных и расширения круга пользователей.

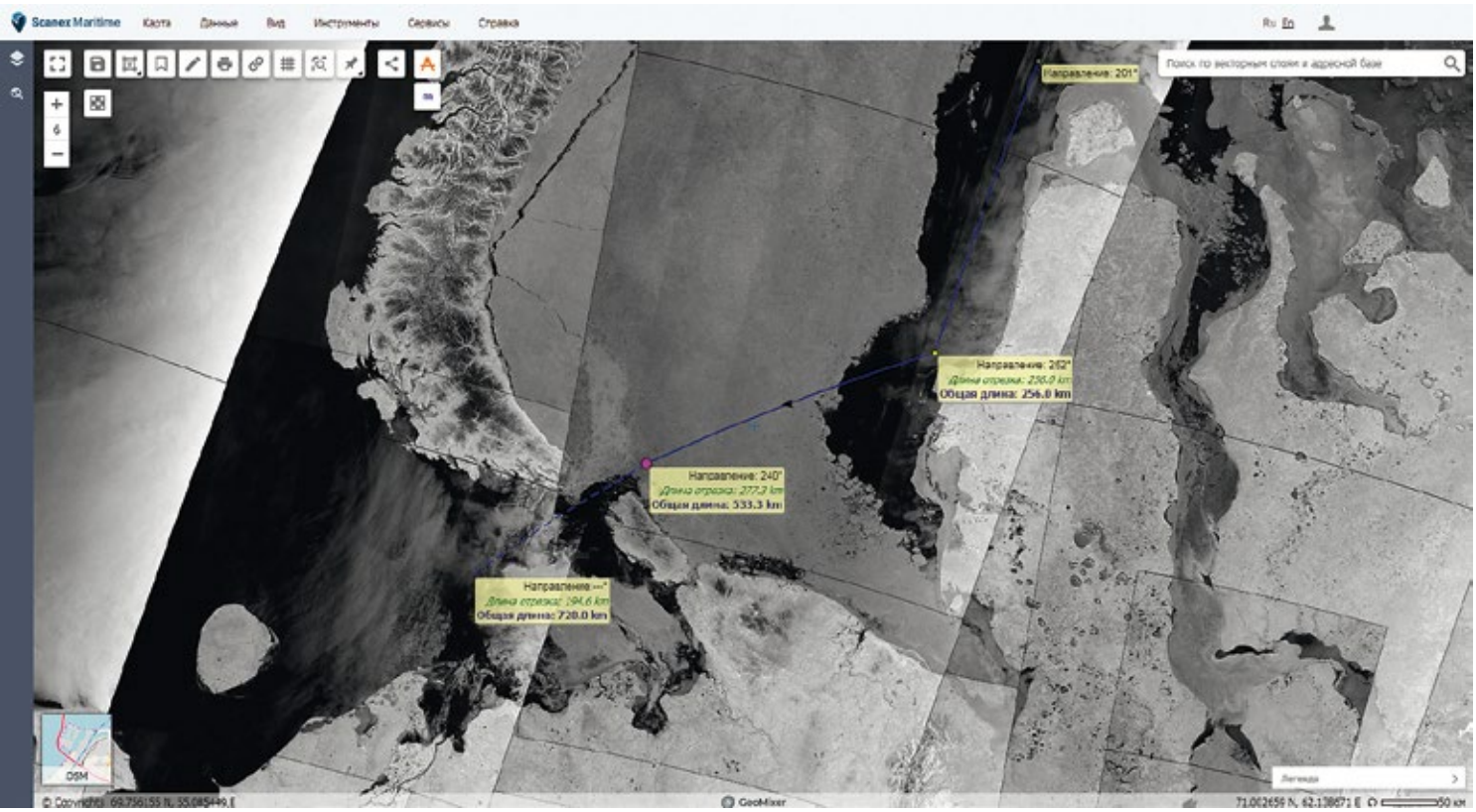
SCANEX ICE

СПУТНИКОВЫЙ МОНИТОРИНГ МОРСКОГО ЛЬДА

ВАРИАНТЫ ПОСТАВКИ

- OGC WMS
- REST API
- Web-GIS GeoMixer
- Бортовое оборудование судов

Сервис предназначен для оперативного мониторинга ледовой обстановки в портах и замерзающих районах плавания в целях обеспечения безопасности судоходства, повышения скорости прохождения ледовых участков маршрута, планирования ледовых проводок и поддержки ледокольных операций.



РЕШАЕМЫЕ ЗАДАЧИ

- обнаружение крупных ледяных полей, каналов/трещин (разломов), стамух, гряд торосов, полыньей и их характеристик, а также определение деградации и периода начала таяния льда;
- обнаружение зон сжатий и разрежений;
- детектирование опасных ледяных образований и определение их характеристик (координаты, размеры);
- определение сроков очищения акватории ото льда;
- обнаружение и идентификация айсбергов и айсберговых вод, определение их характеристик.

Сервис мониторинга ледовой обстановки включает удобные для просмотра и работы с радарными и оптическими данными инструменты, может использоваться как в офисе, так и на борту судна, поддерживает возможность интеграции с бортовыми навигационными системами (ECDIS, Ice Radar) и информационными системами заказчика.

КЛЮЧЕВЫЕ ОСОБЕННОСТИ

- оперативность доставки снимков;
- широкий выбор типов ледовых продуктов (оптические и всепогодные карты, имеющие различное разрешение и частоту обновления);
- понятный интерфейс и удобная среда для работы со снимками;
- возможность кастомизации функционала сервиса под задачи заказчика.

В рамках сервиса предусмотрена возможность использования базовой и расширенной версий продукта. В базовой конфигурации заказчику доступны только открытые данные. Расширенная конфигурация позволяет дополнительно заказывать радарные коммерческие данные, например, при прохождении судном определенной территории.
При необходимости сервис может быть интегрирован с целым рядом сервисов, обеспечивающих идентификацию и отслеживание судов по данным АИС, сервисами прогноза погоды и другими.

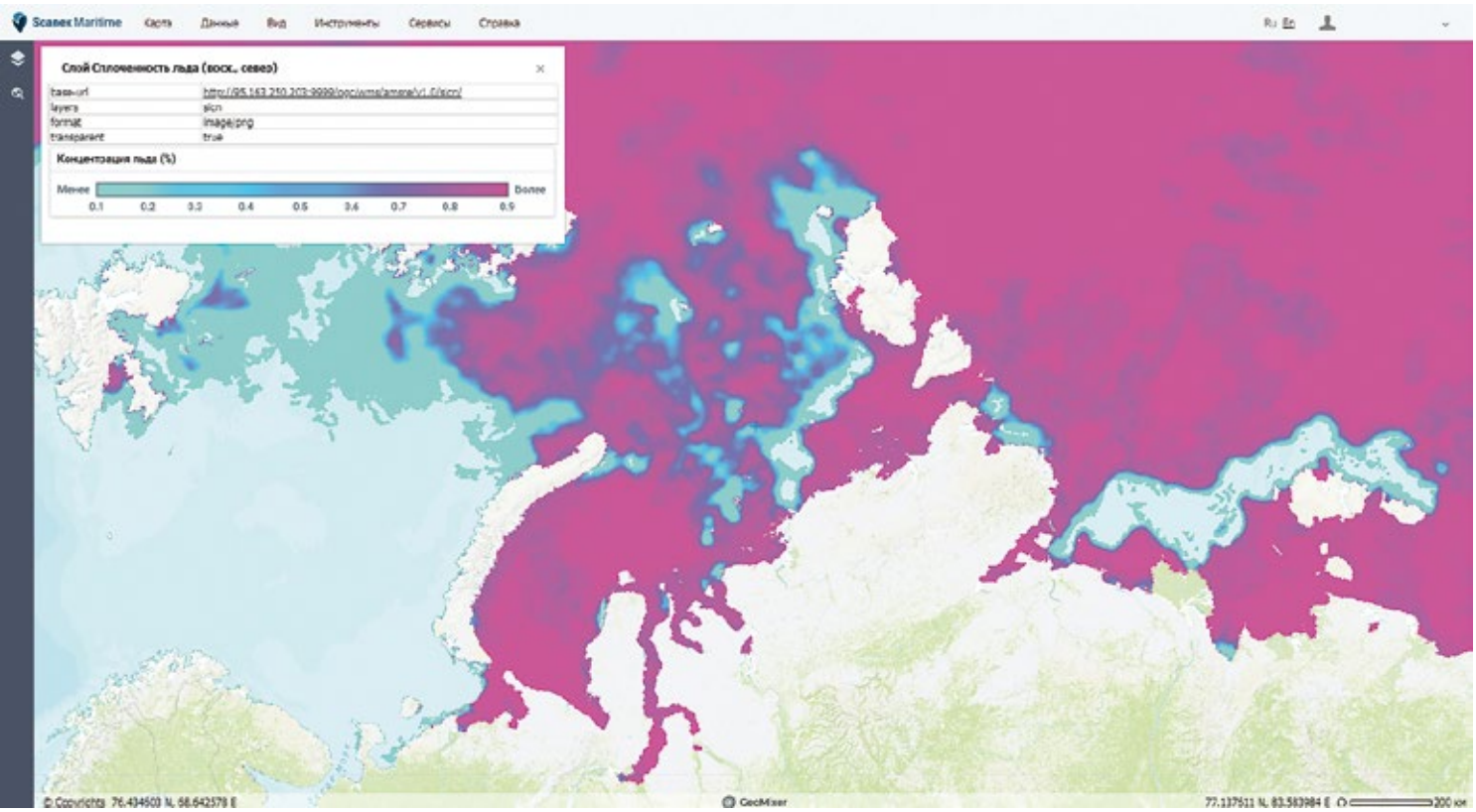
SCANEX ICECONCENTRATION

ОПЕРАТИВНЫЙ ВСЕПОГОДНЫЙ МОНИТОРИНГ СПЛОЧЕННОСТИ ЛЬДА

ВАРИАНТЫ ПОСТАВКИ

- OGC WMS
- REST API
- Web-GIS GeoMixer

Сервис предназначен для оперативного мониторинга концентрации морского льда по всему Мировому океану. Scanex IceConcentration основан на всепогодных микроволновых данных радиометра AMSR-2 японского космического аппарата G-COM W-1 «Сидзуку», который обеспечивает несколько ежедневных покрытий измерениями в арктических и антарктических широтах.



РЕШАЕМЫЕ ЗАДАЧИ

- обнаружение крупных ледяных полей в море и предоставление информации о концентрации (сплоченности) льда;
- оперативное определение кромки льда;
- выявление оптимальных акваторий для рыбной ловли;
- разработка прогнозов ледовой обстановки на основе анализа динамики развития ледового покрова;
- исторический анализ сплоченности ледового покрова в целях оптимизации движения судов и развития инфраструктуры.

КЛЮЧЕВЫЕ ОСОБЕННОСТИ

- оперативность доставки продукта сплоченности льда;
- понятный интерфейс и удобная среда для работы с готовыми картами;
- возможность кастомизации функционала сервиса под задачи заказчика;
- возможность ежедневного мониторинга морского льда вплоть до получения карт сплоченности до четырех раз в сутки;
- возможность подключения сервиса в геоинформационные продукты клиента;
- всепогодность данных, исключающая вероятность получения некачественной (из-за погодных условий) информации.

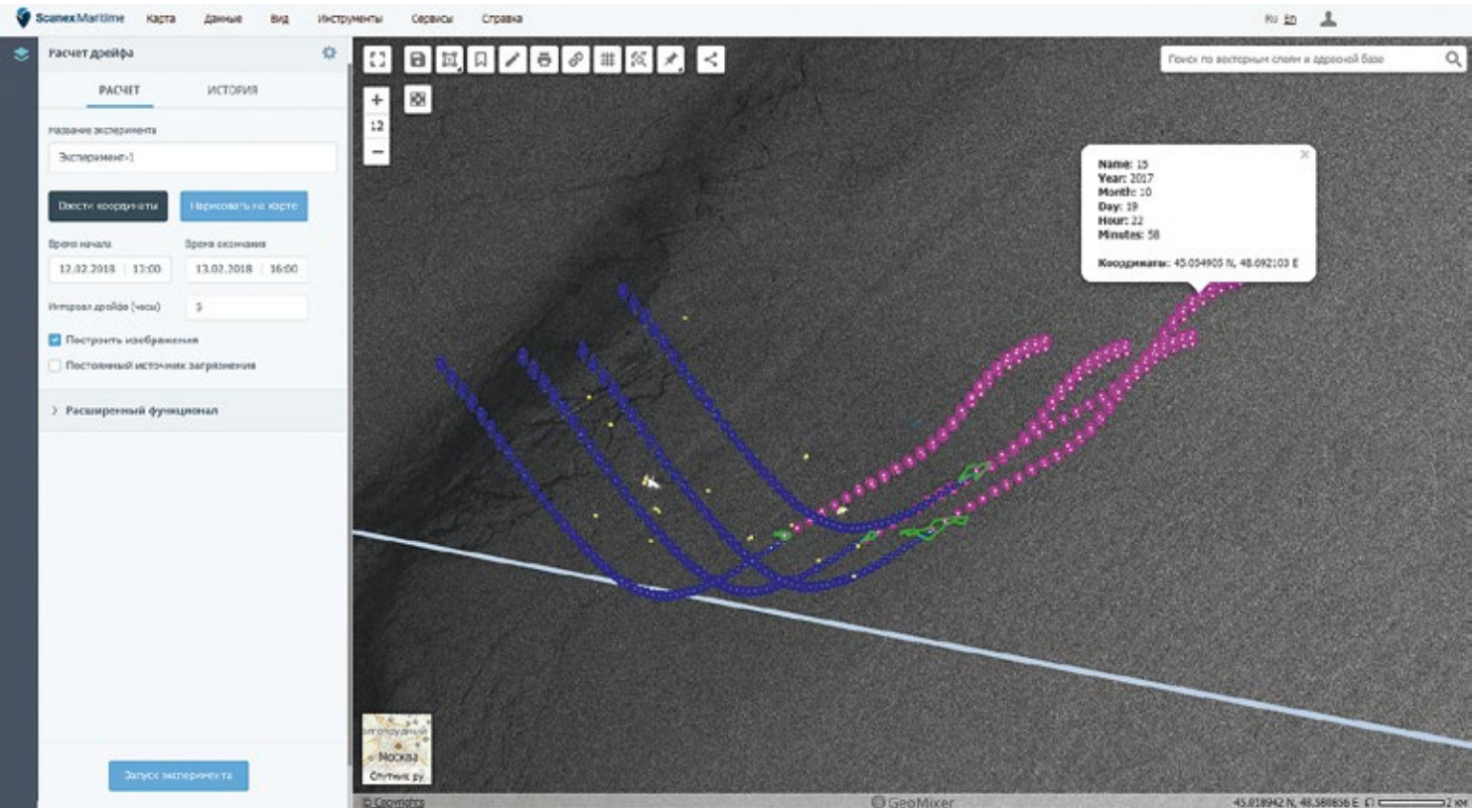
SCANEX DRIFTER

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДРЕЙФА ПЛАВАЮЩИХ ОБЪЕКТОВ

ВАРИАНТЫ ПОСТАВКИ

- Web-GIS GeoMixer

Scanex Drifter — сервис, предназначенный для расчета траектории движения плавающих объектов, в первую очередь разливов нефти и нефтепродуктов, в любой акватории Мирового океана и последующего планирования действий на основе полученного прогноза.



РЕШАЕМЫЕ ЗАДАЧИ

- анализ дрейфа нефтяных пятен или других загрязняющих веществ для предотвращения экологических катастроф или нахождения виновников разлива;
- нахождение обломков кораблей или самолетов;
- моделирование дрейфа айсбергов;
- определение возможного распространения различных биологических объектов.

КЛЮЧЕВЫЕ ОСОБЕННОСТИ

- быстрое автоматическое моделирование траектории дрейфа за три дня до текущей даты и прогнозирование на три дня после;
- расчет распространения нефтяных загрязнений с учетом процессов, влияющих на динамику распространения пассивных частниц в океане и их массообмен с окружающей средой (растекание, испарение и т. д.);
- удобная рабочая среда и возможность настройки (выбор акватории, необходимый временной шаг, точное начальное время расчета);
- возможность учета характеристик нефти (тип, продолжительность разлива, состояние и т. д.).

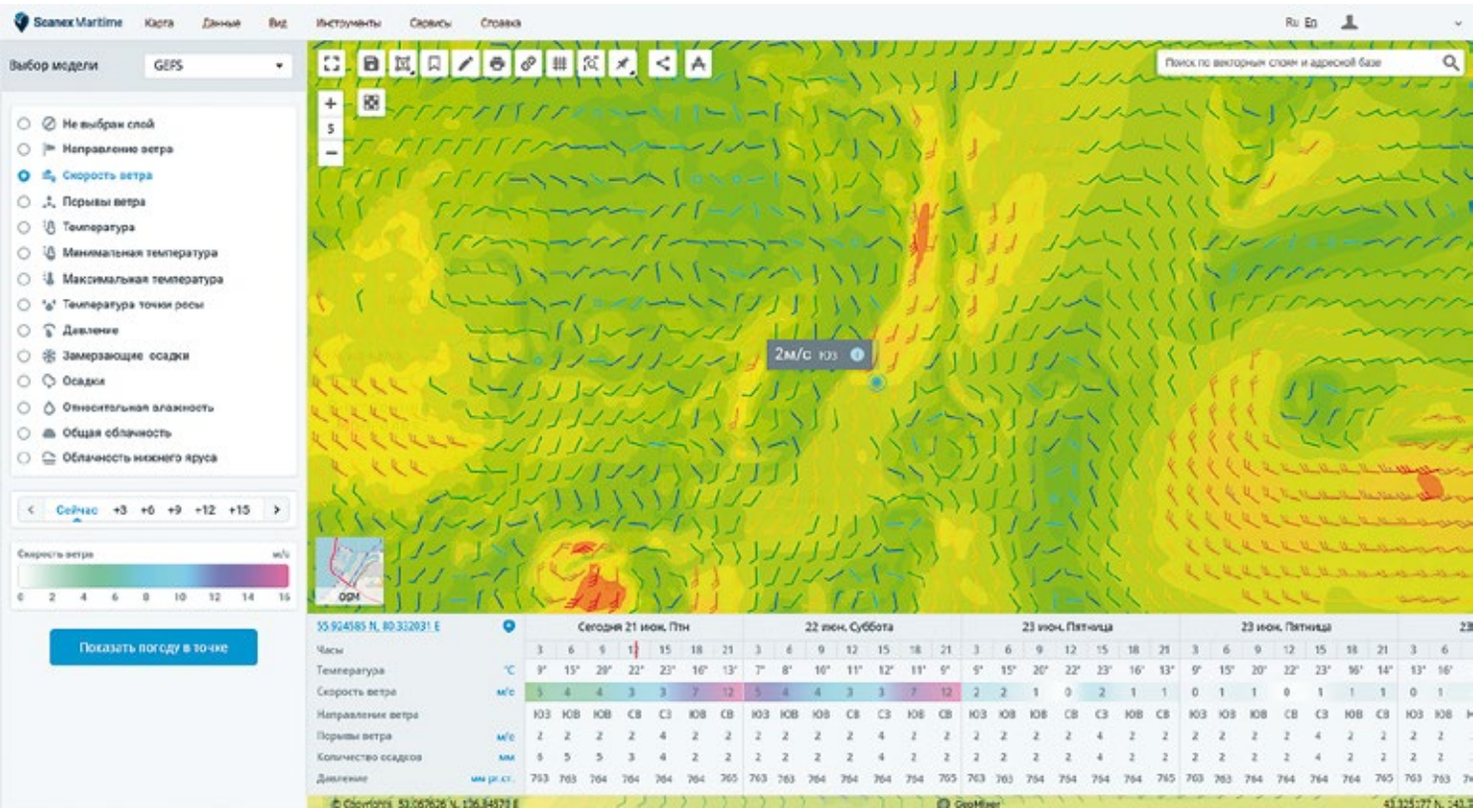
SCANEX METEO

ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЙ СЕРВИС АРХИВА И ПРОГНОЗА ПОГОДЫ

ВАРИАНТЫ ПОСТАВКИ

- REST API
- OGC WMS
- Web-GIS GeoMixer *(скоро)*

Scanex Meteo предоставляет пользователю доступ к актуальным и историческим значениям различных показателей погоды по всему миру. Сервис визуализирует данные в картографической и статистической форме, детализирует информацию в различном разрешении (от 1 км до 27 км), а также дает возможность своего подключения в информационные системы клиента.



РЕШАЕМЫЕ ЗАДАЧИ

- ежедневный мониторинг погоды в любой точке земного шара;
- планирование производственных работ с учетом прогнозных метеорологических параметров;
- оценка гидрометеорологических рисков развития неблагоприятных погодных явлений;
- обеспечение транспортной навигации в море, на суше, на внутренних водных путях;
- метеорологическое сопровождение чрезвычайных ситуаций;
- исторический анализ погодных условий при возникновении какого-либо происшествия;
- разработка прогнозов в смежных областях: мониторинг ледовой обстановки, рыбопромысловые прогнозы, моделирование дрейфа плавающих объектов и т. п.

КЛЮЧЕВЫЕ ОСОБЕННОСТИ

- широкий список метеорологических параметров, доступных в рамках сервиса: температура воздуха, давление, скорость и направление ветра, морское волнение, скорость и направление течений, характеристики влажности воздуха, облачность и многое другое;
- визуализация архива и прогноза погоды в виде веб-карт и удобных интерфейсов доступа к статистическим показателям;
- предоставление сведений о погоде в глобальном масштабе по всему миру посредством метеомоделей GFS и GEFS;
- доступ к расчетным данным региональных моделей прогноза погоды WRF и прогноза морского волнения WaveWatch III с настройкой параметров под нужды клиента;
- базовое временное разрешение прогнозов — 1 час*;
- базовая заблаговременность прогнозов — до 72 часов*.

* *Параметры региональных моделей прогноза погоды и морского волнения могут быть настроены в зависимости от требований клиента*

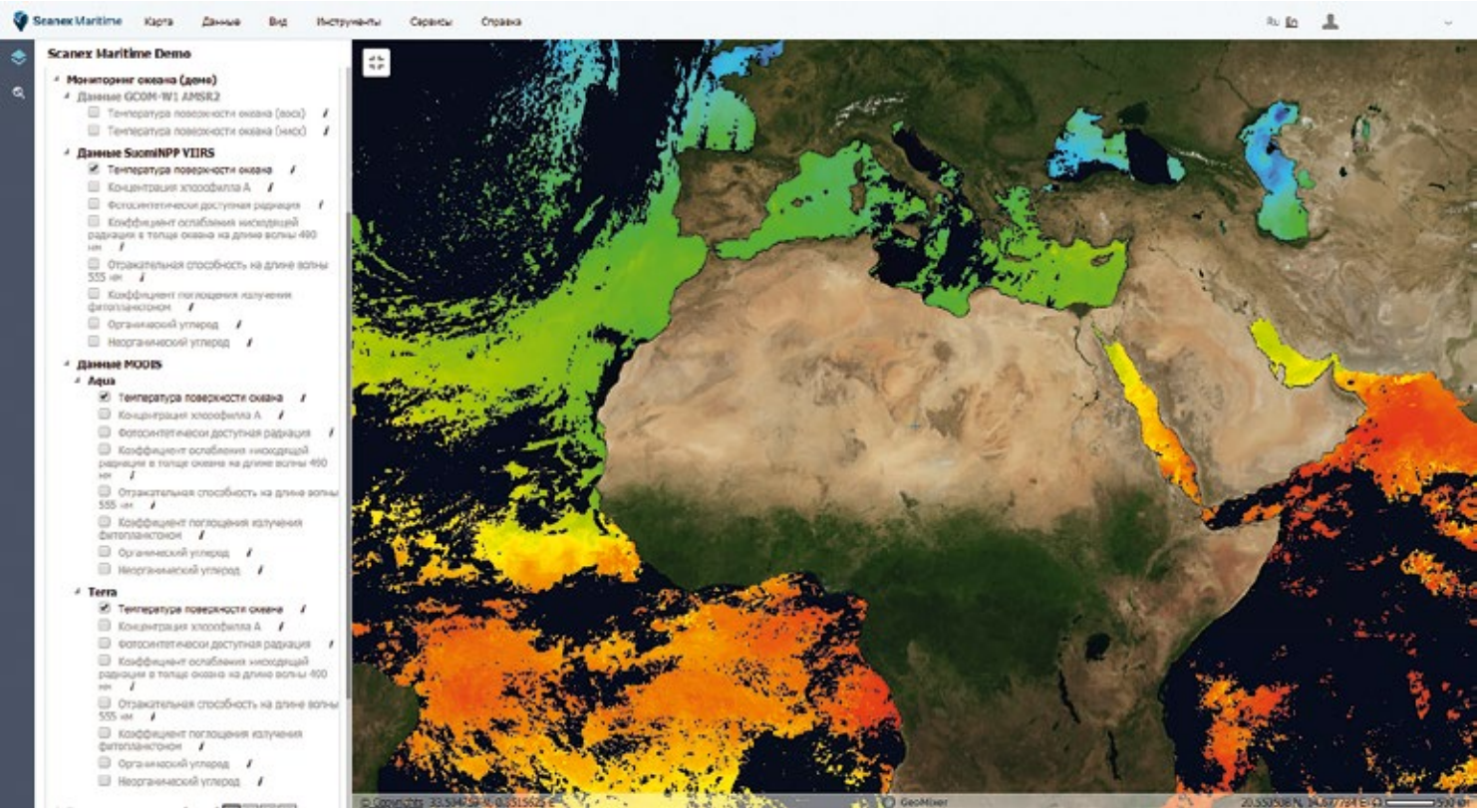
SCANEX OCEAN

СЕРВИС МОНИТОРИНГА МИРОВОГО ОКЕАНА

ВАРИАНТЫ ПОСТАВКИ

- REST API
- OGC WMS
- Web-GIS GeoMixer *(скоро)*

Scanex Ocean предназначен для получения детальной информации об интересующей акватории — состоянии морской среды и атмосферы любого заданного района Мирового океана с целью разработки производных продуктов на основе полученных данных. Сервис предоставляет доступ к готовым продуктам анализа открытых данных с аппаратов Terra/Aqua MODIS, SuomiNPP, G-COM W1 AMSR-2 и других.



РЕШАЕМЫЕ ЗАДАЧИ

- подбор акваторий с оптимальными условиями для выращивания аквакультуры;
- производство рыбопромысловых прогнозов;
- получение всех необходимых первичных данных для идентификации загрязнений акватории;
- производство прогнозов ледовой обстановки в замерзающих морях;
- выявление неблагоприятных океанологических и метеорологических условий морехозяйственной деятельности;
- построение готовых тематических карт и отчетных материалов.

КЛЮЧЕВЫЕ ОСОБЕННОСТИ

- уникальность платформы как среды интеграции спутниковых данных и результатов реанализа;
- поддержка открытых стандартов интерфейса, обеспечивающая интеграцию данных в информационную систему заказчика;
- широкий набор оперативно обновляющихся данных, представленными готовыми продуктами обработки спутниковых данных и реанализов;
- возможность использования веб-ГИС «СКАНЭКС» и интеграции со смежными сервисами: Scanex Meteo, Scanex Atlas, Scanex Access и др.

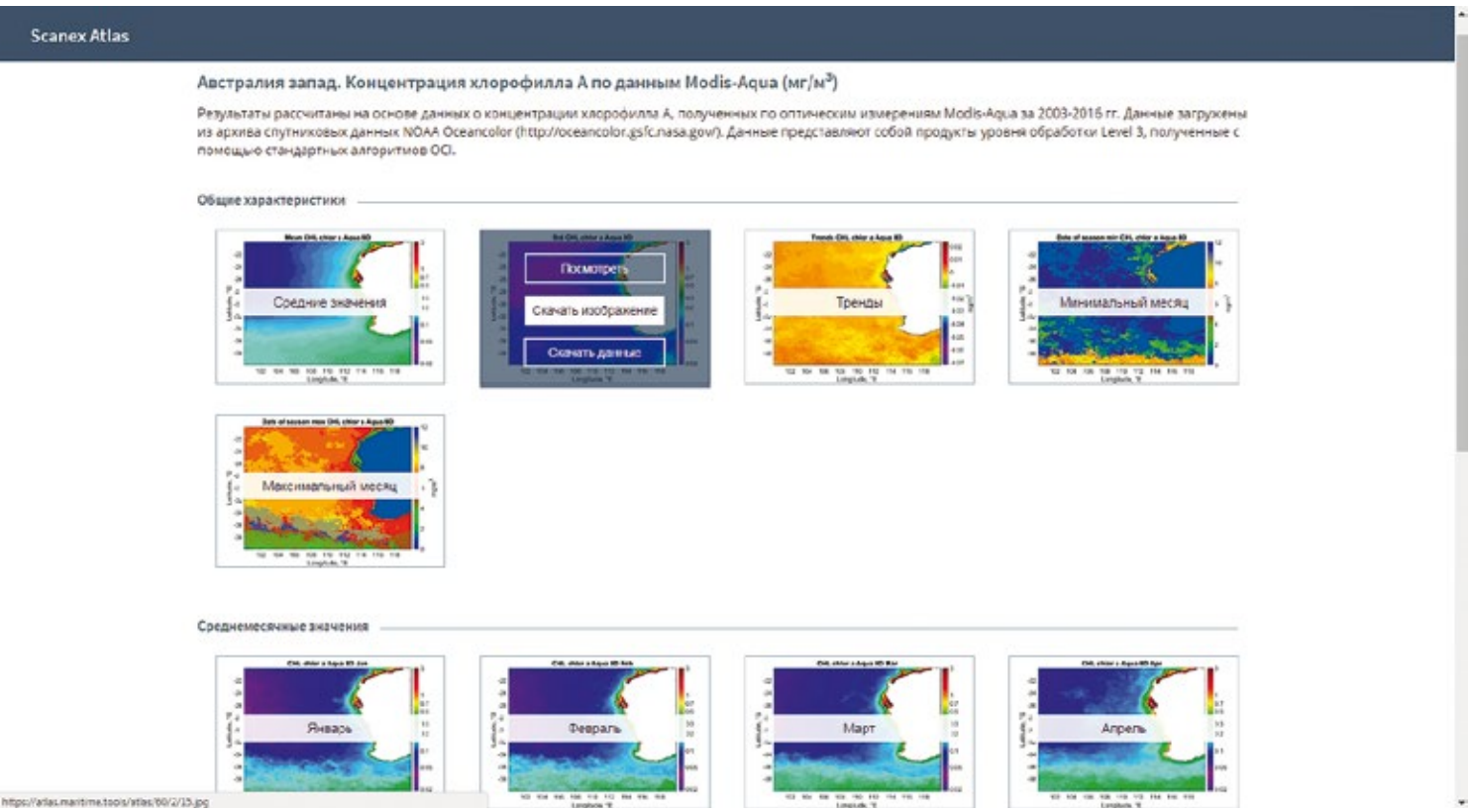
SCANEX ATLAS

СЕРВИС ДОСТУПА К ЦИФРОВЫМ ТЕМАТИЧЕСКИМ КАРТАМ МИРОВОГО ОКЕАНА

ВАРИАНТЫ ПОСТАВКИ

- Web-GIS GeoMixer *(скоро)*
- REST API
- База данных

Scanex Atlas — это база данных цифровых тематических карт Мирового океана. Ее назначением является информирование о различных параметрах поверхности и толщи вод акваторий океана и замкнутых морей, полученных по спутниковым, гидрологическим измерениям и данным анализов.



РЕШАЕМЫЕ ЗАДАЧИ

- подбор полных архивных материалов мониторинга океана за более чем 10-летний период наблюдений;
- определение оптимальных и неблагоприятных акваторий для ведения хозяйственной деятельности;
- оценка качества морской воды в прибрежных и открытых водах;
- вычисление конкретных параметров морской среды для расчетов интегральных показателей.

КЛЮЧЕВЫЕ ОСОБЕННОСТИ

- более 30 Гб архивных данных доступно для использования;
- предоставление инструментов для классификации, поиска, фильтрации, выбора и выгрузки данных о результатах гидрологических измерений и анализа спутниковых данных;
- визуализация данных в виде готовых наглядных карт;
- возможность подключения карт в геоинформационные продукты клиента;
- база данных регулярно обновляется по мере поступления новых спутниковых данных для анализа.

КАК МЫ РАБОТАЕМ НАД ПРОЕКТОМ «МОРСКОЙ ПОРТАЛ»

КОМАНДА «МОРСКОГО ПОРТАЛА»:

Михаил Иванов
Михаил Велькин
Тимур Хайбрахманов
Михаил Титов
Алена Черемисова
Сергей Алексеев
Кирилл Волков
Григорий Голиков
Михаил Захаров
Александр Зимин
Андрей Куспиц
Сергей Липатов
Михаил Потанин
Ирина Мусаева
Алексей Новосельцев
Алексей Точилов
Михаил Широкий

Старт большого проекта в нашей компании всегда дело занимательное и ответственное, требующее максимальной отдачи, и разработка «Морского портала» — не исключение. Тем не менее реализация этого проекта проходила в особенном режиме, состоящем из своих взлетов и падений, трудностей и моментов успешного преодоления различных преград.

Стоит сказать, что многогранность проектной деятельности была обусловлена в первую очередь исходными требованиями к результату работ, которые были установлены проектным офисом и фондом НТИ «Маринет», выполняющими кураторские и контролирующие функции. Проект был ограничен по времени трехлетним периодом и разбит на этапы, мероприятия и контрольные точки, которые в обязательном порядке должны быть достигнуты без промедлений. Кроме того, требовалось ежегодное достижение ряда ключевых показателей (KPI): по количеству сервисов портала, клиентам и поставщикам.

Анализ всех исходных требований рождал не ответы, а новые вопросы:

- Какие сервисы делать в первую очередь?
- Сколько трудовых ресурсов потребуется для реализации проекта и где их найти в короткие сроки?
- Какие продукты будут пользоваться спросом в первую очередь?
- Как мотивировать поставщика прийти на портал?
- Какая архитектура портала будет оптимальной?

С похожими вопросами сталкиваются все, кто начинает разработку больших и малых программных решений. Поиск ответов на них потребовал собрать вместе более половины сотрудников компании «СКАНЭКС»: тематических специалистов в области дешифрирования космических снимков, программистов и разработчиков, аналитиков и технических писателей, PR и коммерческих менеджеров, и, наконец, директоров и руководителей подразделений. Проводилось множество совещаний, так что порой рабочие недели состояли из бесконечных обсуждений, споров и поиска консенсуса. И в итоге был собран «костяк» сотрудников, составивших команду проекта, пополнившей себя впослед-

Рис. 1. Для планирования работ пришлось оборудовать целую стену в учебном классе компании «СКАНЭКС»

ствии новыми специалистами, в которых нуждалась разработка.

Сформированная команда в самом начале пути столкнулась с проблемами грамотного планирования и методологии ведения проекта. Опыт компании «СКАНЭКС» предполагал использование так называемой каскадной модели (модель «водопад»), когда весь процесс производства нового продукта идет последовательно: анализ требований, проектирование, формирование технического задания, реализация, верификация, приемка. Такая модель зарекомендовала себя отлично — при соблюдении определенных условий: когда точно известен конечный облик продукта и имеется большой запас для сдачи его в срок. Однако разработка многих компонентов и сервисов «Морского портала» часто является творческой работой, процесс которой сложно единожды описать в рамках технического задания. К тому же для начала деятельности в сфере продаж требуется максимально быстрая разработка первичного продукта (MVP), который впоследствии будет развиваться и стремиться к некоторому совершенному — с точки зрения пользователя — результату.

Рис. 2. Первая демонстрация результатов работ представителям ФГУП «Атомфлот», МЧС России, ПАО «Мурманский торговый порт» и другим потенциальным клиентам. Мурманск, март 2017 г.

В связи с этими обстоятельствами компанией экспериментально внедрялись принципиально новые модели ведения проекта, включая гибкую модель (Agile), и в итоге обсуждений мы пришли к смешанной схеме, когда работы с субподряд-

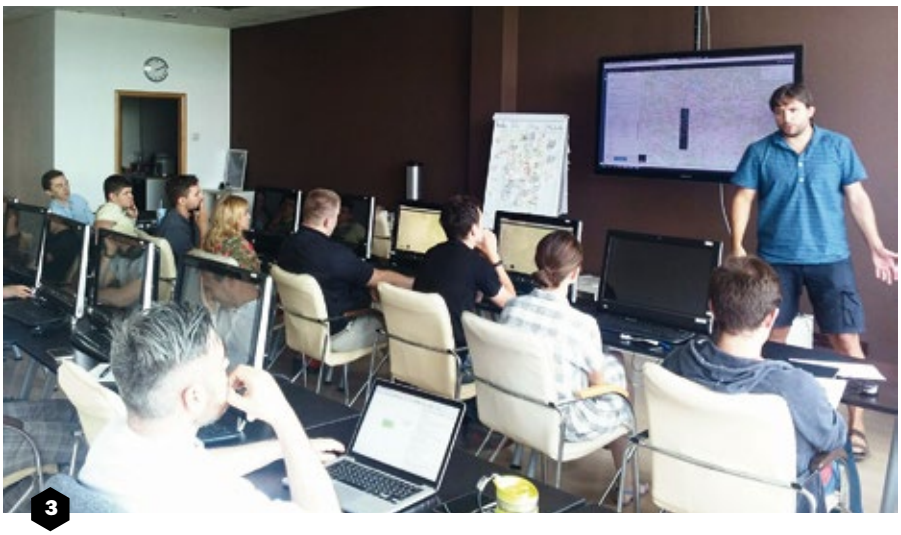
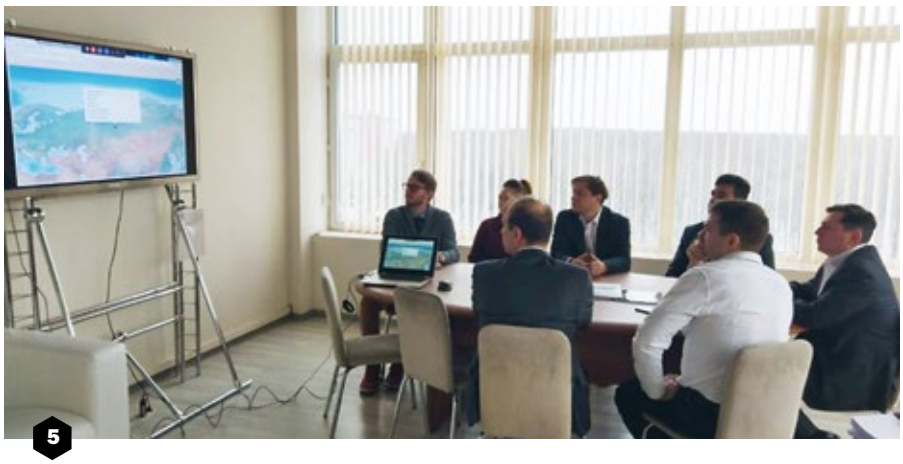


Рис. 3-4. Ежемесячные совещания-ретроспективы всегда сопровождались наглядными способами решения проблем



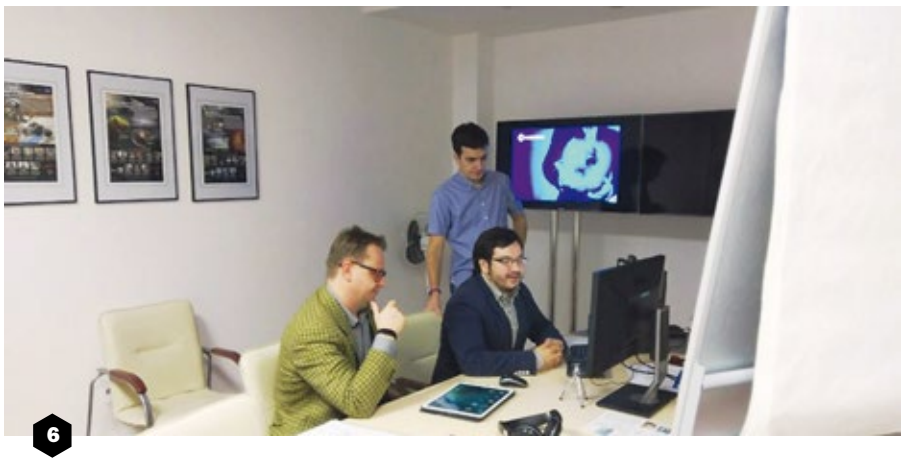


Рис. 5-6. Клиенты и партнеры компании составили приемную комиссию, для которой регулярно проводились вебинары с целью демонстрации текущих достижений проекта

чиками велись по традиционным принципам каскада: от ТЗ до приемки работ, а внутри команды были сформированы гибкие подходы к разработке по принципу: «Малыми шагами — к большому результату». По этому принципу проводились ежедневные 15-минутные совещания, в ходе которых каждый член команды ставил себе малую задачу на 1–3 дня и отчитывался по завершенным задачам путем закрепления на специальной рабочей доске именных стикеров. Также ежемесячно организовывались общие собрания: для обсуждения накопившихся проблем, проведения долгосрочного планирования, решения интеллектуальных задач и просто неформального общения с руководителями и кураторами проекта. Все это позволило сплотить команду и значительно повысить производительность работ, а также качество выпускаемых продуктов и сервисов портала.

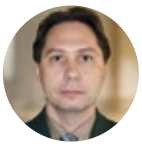
Параллельно активно велись мероприятия по привлечению клиентов и поставщиков «Морского портала»: проводились демонстрации первых достигнутых результатов с выездными мероприятиями и выставками в Мурманске, Санкт-Петербурге, Астрахани, Токио, Син-

- **KPI (Key Performance Indicator)** — показатель достижения успеха в определенной деятельности или в достижении определенных целей. Можно сказать, что KPI — это количественно измеримый индикатор фактически достигнутых результатов.
- **MVP (Minimum Viable Product)** — минимально жизнеспособный продукт, который позволяет получить обратную связь от пользователей, понять их запросы и создавать именно то, что будет интересно и что они готовы оплачивать.
- **Agile (гибкая методология проекта)** — серия подходов к разработке программного обеспечения, ориентированных на использование итеративной разработки, динамическое формирование требований и обеспечение их реализации в результате постоянного взаимодействия внутри самоорганизующихся рабочих групп, состоящих из специалистов различного профиля.

гапуре и других городах и странах, собирались отзывы и пожелания клиентов для разработки нового функционала. Активно развивался информационный портал: публикации новостей, анонсов и статей, описывающих работу сервисов и компонентов портала.

В конечном итоге компания вышла на путь устойчивого производства новых продуктов и сервисов и стремится к успешному завершению проекта НТИ «Маринет» по созданию Портала спутниковых геоинформационных данных и сервисов морской отрасли. ¶

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ГЛУБИНЫ МОРЯ ПО ПОЛЮ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОЛН



Сергей Федоров

СТАРШИЙ НАУЧНЫЙ СОТРУДНИК ОТДЕЛА ДИСТАНЦИОННЫХ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЙ ФГБУН МГИ

Арсений Кубряков

СТАРШИЙ НАУЧНЫЙ СОТРУДНИК ОТДЕЛА ДИСТАНЦИОННЫХ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЙ ФГБУН МГИ

Сергей Станичный

ЗАВЕДУЮЩИЙ ОТДЕЛОМ ДИСТАНЦИОННЫХ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЙ ФГБУН МГИ

Тимур Хайбрахманов

РУКОВОДИТЕЛЬ ДЕПАРТАМЕНТА ТЕМАТИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ И АНАЛИТИКИ ГК «СКАНЭКС»

В рамках работ по расширению функциональности Морского портала «ScanexMaritime» предполагалось выполнить ряд перспективных научно-технических разработок, которые объединяли ли бы в себе научные знания в области океанологических исследований и современные методы спутникового мониторинга. Одной из таких работ стало решение задачи по определению батиметрии прибрежных частей морского дна с помощью космических изображений. Значимость ее выполнения оценивается высоко в связи со значительными затратами на традиционные способы осуществления промеров глубин, а также невозможностью этой деятельности для ряда труднодоступных акваторий. Методы восстановления глубины моря с использованием спутниковой информации были разработаны в сотрудничестве с ведущими научно-исследовательскими кадрами Морского гидрофизического института РАН. Полученные результаты работ описаны в данной статье.

Описание методики

Последние десятилетия широкое применение находят методы, основанные на исследовании изменений характеристик волн зыби в результате их взаимодействия с топографией дна. Эти методы были хорошо известны еще со времен Второй мировой войны и использовались в аэрофотосъемке. С повышением пространственного разрешения спутниковых снимков применение подобных методов получило дальнейшее развитие как при обработке радиолокационных [1–3], так и изображений в видимой области спектра [4–6].

Разработанная методика определения батиметрии по изменению параметров волн учитывает опыт применения упомянутых методов и состоит из трех этапов.

1. Предварительная обработка данных для уменьшения влияния шума на определяемые характеристики волн, которая заключается в нормировке на среднюю по снимку вели-

чину яркости, вычитании линейного тренда, косинусной фильтрации и отбрасывании значений, превышающих 3σ [3, 5, 7]. Эта процедура позволяется избавиться от следов обрушения волн, судов и других морских объектов на снимке.

2. Определение длины волны вдоль волнового луча. Спутниковый снимок в направлении распространения волн разбивается на квадратные блоки размером $N \times N$, которые являются начальными точками волнового луча. На основе двумерного преобразования Фурье в пространстве волновых чисел [4, 8] для каждого блока рассчитывается спектр волн. По максимуму спектра определяются пиковые значения волновых чисел k_{px} и k_{py}, соответствующие основной волне, длина λ и направление распространения θ которой определяются по соотношениям (1):

$$\lambda = \frac{2\pi}{\sqrt{k_{px}^2 + k_{py}^2}}, \quad \theta = arctg\left(\frac{k_{py}}{k_{px}}\right)$$

Используя значения λ_1 и θ_1, определенные в начальном блоке, определяется размер и положение следующего блока ($N=10 \cdot \lambda/dx$, где dx — разрешение снимка), для которого аналогичным образом вычисляется длина волны λ_2 и ее направление θ_2. Эта процедура продолжается, пока волновой луч не достигнет берега или не сработает условие останова (2).

$$\frac{|\lambda_n - \lambda_{n-1}|}{\lambda_{n-1}} > 15\%, \quad |\theta_n - \theta_{n-1}| > 15°$$

3. Определение периода волны и глубины с использованием линейного дисперсионного отношения (3).

$$h = \frac{1}{k} arctg\left(\frac{\omega^2}{gk}\right) = \frac{\lambda}{4} ln\left(\frac{2\pi g + \omega^2\lambda}{2\pi g - \omega^2\lambda}\right)$$

где $\omega = 2\pi/T$ — угловая частота.

Чтобы определить глубину по (3), кроме длины волны λ также нужно знать и ее период T. Часто вычисление периода волны производится по данным измерений in situ или в некоторых контрольных точках с известной глубиной, для чего используется набор топографических данных. В данной работе период в первом приближении определялся по дисперсионному отношению для условий глубокой воды $h > \lambda/2$, где период волны зависит только от ее длины. Для этого спектральный анализ выполнялся для удаленных от берега участков снимка.

Считая, что в первом приближении период всех волн для всех точек в волновом луче равен T_1, по (3) вычисляются значения глубин в первом приближении h_1. Для дальнейшего уточнения периода волны и глубины использовалась итерационная процедура.

Ошибку определения угловой частоты ω_1 (периода T_1) в первом приближении для двух соседних точек волнового луча можно выразить следующим образом [9] (4):

$$\sigma\omega_n = \sqrt{g\bar{k}_n \cdot th(\bar{k}_n \cdot \bar{h}_n)} \cdot \frac{\bar{k}_n \cdot \bar{h}_n}{sh(2\bar{k}_n \cdot \bar{h}_n)} \cdot$$

$$\cdot \left\{ \frac{\sigma h_n}{h_n} + \left[1 + \frac{sh(2\bar{k}_n \cdot \bar{h}_n)}{2\bar{k}_n \cdot \bar{h}_n} \right] \cdot \frac{\sigma k_n}{k_n} \right\}$$

где $\bar{k}_n = (k_{n+1} + k_n)/2$;
$\bar{h}_n = (h_{n+1} + h_n)/2$;
$\sigma k_n = (k_{n+1} - k_n)$;
$\sigma h_n = (h_{n+1} - h_n)$.

Прибавляя поправку (4) к предыдущему значению угловой частоты, вычислялось новое значение периода T_{i+1} в каждой точке волнового луча, подставляя которое в (3), рассчитывалось новое значение глубины h_{i+1}. Такая итерационная процедура повторялась 10 раз.

Рис. 1. Районы побережья Крыма, для которых выполнялось определение батиметрии

Табл. 1. Основные характеристики спутниковых снимков

	OLI/ Landsat 8	*MSI/ Sentinel-2*	*«Геотон»/ «Ресурс-П»*
Спектральный диапазон, нм	500–680	457–522	616–679
Пространственное разрешение, м	15	10	3

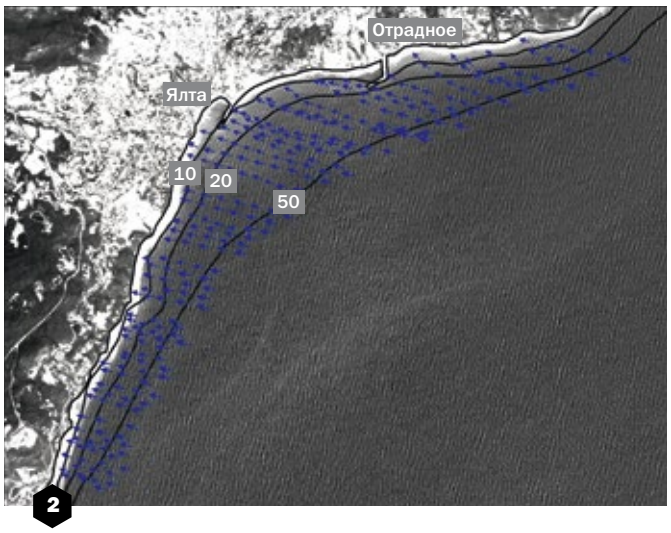


Рис. 2. Фрагмент снимка OLI/Landsat 8 (07.08.2015 г.) в районе г. Ялта и направления распространения волн (синие стрелки)

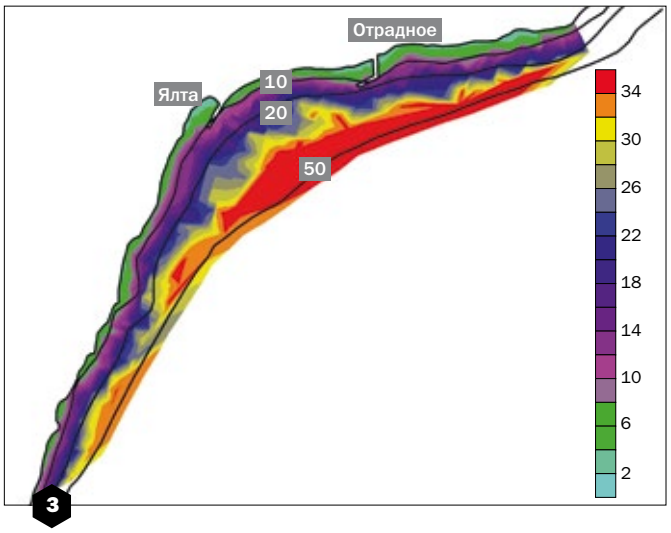


Рис. 3. Батиметрия, восстановленная по данным сканера OLI/ Landsat 8, и положение изобат согласно навигационным картам

Рис. 4. Фрагмент снимка MSI/ Sentinel-2A (31.03.2017 г.) в районе г. Севастополь и направления распространения волн (красные стрелки)

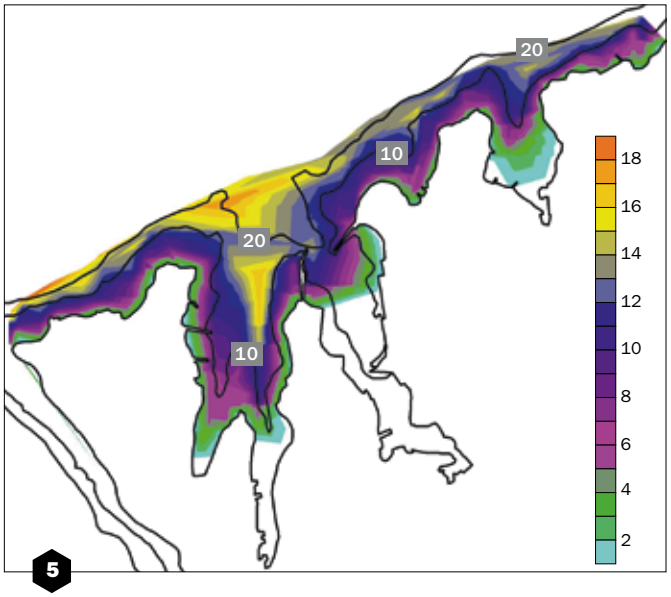


Рис. 5. Батиметрия, восстановленная по данным сканера MSI/ Sentinel-2A и положение изобат согласно навигационным картам

Результаты применения методики

Определение батиметрии выполнялось по данным оптических сканеров высокого пространственного разрешения (OLI/Landsat 8, MSI/Sentinel-2 и «Геотон»/«Ресурс-П» № 1) в прибрежной части Крыма (рис. 1). Основные характеристики использованных снимков приведены в таблице 1.

Определение батиметрии в районе г. Ялты осуществлялось по снимку OLI/ Landsat 8 07.08.2015 г. На рис. 1 этот район обозначен прямоугольником А. Спектральный анализ снимка показал, что в условиях глубокой воды волны имеют длину 75–84 м и распространяются под углом 68–72° (направление отсчитывается от севера против часовой стрелки).

На рис. 2 стрелками показаны волновые лучи, определенные в соответствии с описанной выше процедурой; направление стрелок

соответствует направлению распространения волн, а длина стрелки пропорциональна длине волны. Южнее г. Ялта волны направлены практически по нормали к береговой линии и изобатам, поэтому в этой части снимка не наблюдается заметного изменения направления волн с выходом на мелководье. К востоку от Ялты, особенно в районе пгт. Отрадное, угол между набегающими волнами и изобатами составляет примерно 40–45°, поэтому вследствие эффектов рефракции с выходом на мелководье наблюдается разворот волновых лучей.

На рис. 3 цветом показана батиметрия, восстановленная по данным сканера OLI/Landsat 8. Изобата 10 м изображена фиолетовым цветом, 20 м — синим. Желтым цветом изображена изобата 32 м. На глубинах более 32 м наблюдалось очень слабое влияние дна на поверхностные волны или такое влияние совсем отсутствовало, поэтому результаты восстановления батиметрии для этого снимка следует рассматривать только до этой изобаты. Для сравнения на рис. 3 также нанесены изобаты 10, 20 и 50 м, полученные по данным навигационных карт (https://webapp.navionics.com).

Следует отметить, что батиметрия, восстановленная по спутниковому снимку, в целом повторяет основные особенности топографии дна, нанесенные на навигационных картах. Изобаты 10 и 20 м повторяют все изгибы изобат навигационной карты, за исключением небольшого участка в правой области снимка. Наблюдаются также незначительные смещения изобат относительно друг друга как в мористую, так и береговую сторону. Визуально точность восстановленных глубин можно оценить в 1–3 м.

Определение батиметрии в районе г. Севастополя (прямоугольник Б на рис. 1) осуществлялся по снимку MSI/Sentinel-2A 31.03.2017 г. Набегающие волны в условиях глубокой воды имеют следующие характеристики: длина волны 35–40 м, направление распространения 176–170° (направление отсчитывается от севера против часовой стрелки). Направление волн, близкое к 180°, позволяет рассмотреть случай, когда волны распространяются вглубь Двойной бухты, и произвести в ней оценки батиметрии. Для определения параметров таких коротких волн пространственного разрешения снимков OLI/Landsat 8 оказывается недостаточным. На снимках видимого диапазона сенсора MSI/Sentinel-2 с десятиметровым разрешением даже поле таких коротких волн становится гораздо лучше различимо.

На рис. 4 стрелками показаны волновые лучи, начинающиеся возле изобаты 50 м; направление стрелок соответствует направлению рас-

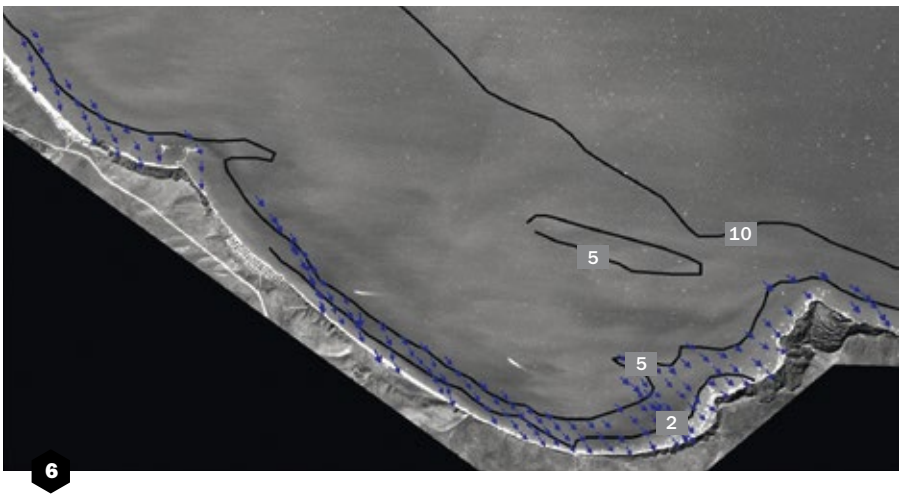


Рис. 6. Фрагмент снимка Геотон/Ресурс-П (17.10.2017) в районе бухты Рифов и направления распространения волн (синие стрелки)

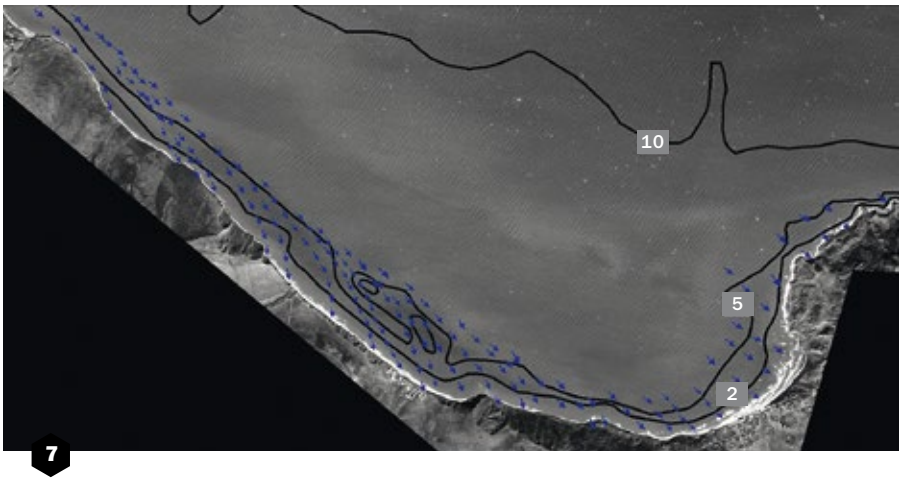


Рис. 7. Фрагмент снимка «Геотон»/«Ресурс-П» (17.10.2017) в районе бухты Булганак и направления распространения волн (синие стрелки)

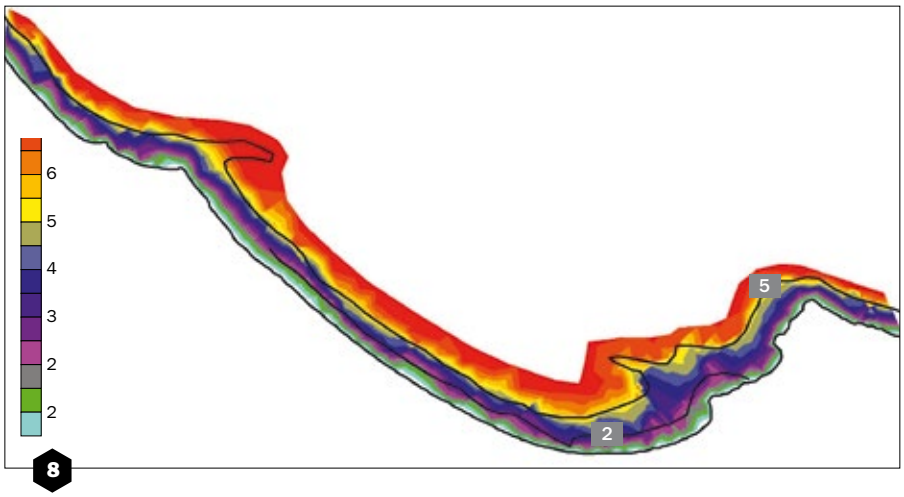


Рис. 8. Батиметрия в районе бухты Рифов, восстановленная по данным сканера «Геотон»/«Ресурс-П», и положение изобат согласно навигационным картам

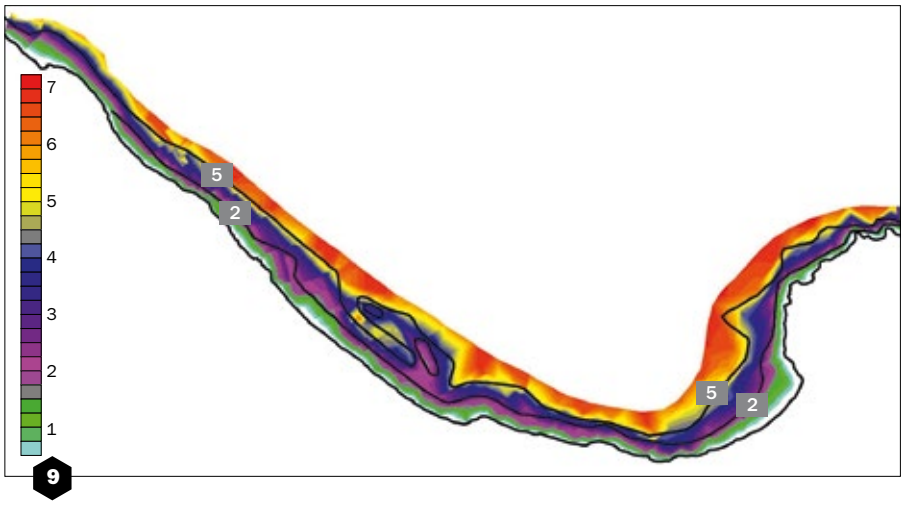


Рис. 9. Батиметрия в районе бухты Булганак, восстановленная по данным сканера «Геотон»/«Ресурс-П», и положение изобат согласно навигационным картам

пространения волн, а длина стрелки пропорциональна длине волны. Волны достаточно четко заметны на большей части акватории бухт Двойная, Круглая, Абрамова. Молы на входе в бухту Камышовую практически полностью предотвращают проникновение волн в эту бухту.

На рис. 5 цветом показана батиметрия, восстановленная по данным сканера MSI/ Sentinel-2A. Изобата 5 м изображена фиолетовым цветом, 10 м — синим, 15 м — желтым. На глубинах более 16 м наблюдалось очень слабое влияние дна на поверхностные волны или такое влияние совсем отсутствовало, поэтому результаты восстановления батиметрии для этого снимка следует рассматривать только до этой изобаты. Для сравнения на рис. 5 также нанесены изобаты 10 и 20 м, полученные по данным навигационных карт онлайн сервиса Navionics.

Батиметрия, восстановленная по спутниковому снимку, в целом повторяет основные особенности топографии дна по данным навигационных карт. В районе бухты Круглая и бухты Абрамова до входа в Камышовую бухту изобаты 10 м практически точно совпадают. В районе бухты Двойная изобата 5 м спутниковой батиметрии в большей мере совпадает с изобатой 10 м, построенной по навигационным картам, а изобата 15 м спутниковой батиметрии, проходящая от бухты Двойная и левее до мыса Херсонес, — с изобатой 20 м. Визуально точность восстановленных глубин можно оценить в 1–5 м. Увеличение ошибки восстановленных глубин на части акватории вероятнее всего связано с недостаточно высоким разрешением снимка для определения изменений характеристик коротких волн.

Определение батиметрии в районе бухты Булганак и бухты Рифов (прямоугольники В, Г на рис. 1), расположенных на Азовском побережье Керченского полуострова, выполнено по снимку сверхвысокого пространственного разрешения «Геотон-Л1» российского спутника «Ресурс-П» № 1 для даты 17.10.2017 г. Для этих районов волны вдоль изобаты 10 метров имеют следующие характеристики: длина волны 14–16 м, направление распространения 230–240° (направление отсчитывается от севера против часовой стрелки).

Волновые лучи показаны стрелками на рис. 6, 7. Направление стрелок соответствует направлению распространения волн, а длина стрелки пропорциональна длине волны. Оба рисунка имеют общие черты: бухты относительно глубоко вдаются в берег, волны практически по нормали набегают на восточный берег, а вдоль западной и южной части бухт наблюдается разворот волновых лучей.

На рис. 8 и 9 цветом показана батиметрия, восстановленная по данным сканера «Геотон»/«Ресурс-П», для бухт Рифов и Булганак соответственно. На этих рисунках изобата 2 м изображена фиолетовым цветом, а 5 м — желтым. На глубинах более 7 м влияние дна на поверхностные волны отсутствует.

Как видно на рис. 8 и 9, спутниковая батиметрия в целом повторяет основные особенности топографии дна по данным навигационных карт. Также можно отметить, что в юго-западной части бухты Булганак (рис. 9) достаточно точно воспроизведена отмель.

На рассмотренных выше снимках батиметрия определялась по полю ветровых волн с характерным периодом 3–4 секунды. В этом случае на параметры волны влияют два механизма: диссипация за счет трения о дно и генерация под действием ветра. Это усложняет методику определения батиметрии. Для обеспечения удовлетворительной точности дополнительно приходилось задавать глубины в нескольких контрольных точках.

Заключение

В данной работе описан алгоритм определения глубины моря по изменениям характеристик поверхностного волнения с использованием данных оптических сканеров. Приведены примеры расчетов для разных акваторий и сенсоров. Необходимым условием использования предложенного алгоритма является наличие развитого ветрового волнения или зыби, максимальные оцениваемые глубины не превышают половины длины волны. Снимки с более высоким разрешением (1–3 м) позволяют использовать методику в непосредственной близости от берега, на глубинах 1–2 м. Отмечается необходимость развития методов фильтрации данных и использования опорных наблюдений для более точного восстановления глубин для условий ветрового волнения.

Разработка методики использования данных российского спутника «Ресурс-П» для задач океанологии осуществлялась по государственному заданию ФГБУН МГИ в рамках темы № 0827-2018-0002.

В дальнейшем компанией «СКАНЭКС» планируется автоматизация разработанной методики с целью реализации геоинформационного сервиса, автоматически обрабатывающего полученные космические снимки и формирующего первичный продукт карты глубин. Также в планах для этих же целей создание специализированного модуля пакета ScanEx Image Processor® для применения указанной методики в режиме настольного приложения. ¶

Список литературы

1. Bian X., Shao Y., Tian W., Wang S., Zhang C., Wang X., Zhang Z. 2017. Underwater Topography Detection in Coastal Areas Using Fully Polarimetric SAR Data // Remote Sens., 9(6), 560, doi:10.3390/rs9060560.
2. Brusch S., Held P., Lehner S., Rosenthal W., Pleskachevsky A. 2011. Underwater Bottom Topography in Coastal Areas from TerraSAR-X Data // Int. Remote Sens., vol. 32, No. 16, pp. 4527–4543.
3. Boccia V., Renga A., Moccia A., Zoffoli S. 2015. Tracking of Coastal Swell Fields in SAR Images for Sea Depth Retrieval: Application to ALOS L-Band Data // IEEE J. Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sens., vol. 8, No. 7, pp. 3532–3540.
4. Leu L.G., Kuo Y.Y., Liu C.T. 1999. Coastal Bathymetry From The Wave Spectrum Of SPOT Images // Coastal Eng., vol. 41, No. 1, pp. 21–41.
5. Piotrowski C.C., Dugan J.P. 2002. Accuracy of Bathymetry and Current Retrievals from Airborne Optical Time-Series Imaging of Shoaling Waves // IEEE Trans. Geosci. Remote Sens., vol. 40, No. 12, pp. 2606–2618.
6. Mancini S., Olsen R.C., Abileah R., Lee K.R. 2012. Automating Nearshore Bathymetry Extraction from Wave Motion in Satellite Optical Imagery // Proc. SPIE Algorithms Technol. Multispectral, Hyperspectral and Ultraspectral Imagery XVIII, vol. 8390, pp. 1–12.
7. Danilo C., Melgani F. 2016. Wave Period and Coastal Bathymetry Using Wave Propagation on Optical Images // IEEE Trans. Geosci. Remote Sens., vol. 54, No. 11, pp. 6307–6319.
8. Populus J., Aristaghes C., Jonsson L., Augustin J., Pouliquen E. 1991. The Use of SPOT Data for Wave Analysis // Remote Sens. Environ., vol. 36, pp. 55–65.
9. Dalrymple R.A., Kennedy A.B., Kirby J.T., Chen Q. 1998. Determining Depth from Remotely-Sensed Images // Proc. 26th Int. Conf. «Coastal Engineering», Copenhagen, Denmark: ASCE, June 22–26, 1998, vol. 2, pp. 2395–2408.

О ВОЗМОЖНОСТЯХ ПОЛУЧЕНИЯ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ СРЕДСТВАМИ ПО СКАНЭКС ТЕРМИНАЛ® И ИХ ВИЗУАЛИЗАЦИИ В ПО SCANMAGIC® И SCANEX IMAGE PROCESSOR®

Ольга Государева

СПЕЦИАЛИСТ ДЕПАРТАМЕНТА ПРОГРАММНЫХ РЕШЕНИЙ ГК «СКАНЭКС»

Екатерина Жданова

К.Г.Н., ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ, МГУ ИМ. М.В. ЛОМОНОСОВА, МЕТЕОРОЛОГ ГК «СКАНЭКС»

Данные, получаемые с метеорологических спутников Земли, позволяют исследовать атмосферу, подстилающую поверхность и воды Мирового океана как на глобальном, так и на региональных уровнях. Непрерывные глобальные спутниковые наблюдения за атмосферой необходимы для прогноза погоды и отслеживания климатических изменений. В настоящее время ученые говорят об изменении климата в целом [1]. С помощью дистанционных и наземных измерений выявлены климатические изменения, такие, как повышение глобальной температуры воздуха на 0,5 градуса в год, нарушение глобальной циркуляции [2], изменения площади морских льдов и др.

Космическое агентство NASA публикует многочисленные результаты спутниковых наблюдений по всей территории Земли: наблюдения за состоянием атмосферы (параметры облачности, содержание газов, аэрозолей), за состоянием энергетического обмена (альбедо подстилающей поверхности, потоки излучения, температура поверхности), за состоянием суши (вегетационный индекс, снежный и ледовый покров, очаги пожаров) и за состоянием вод Мирового океана (соленость, содержание хлорофилла, ледовый покров) и др.

Наземная станция приема спутниковой информации позволяет получить данные из зоны своей видимости, что составляет около 3 000 км. ПО СКАНЭКС Терминал® позволяет обрабатывать в автоматическом режиме данные, получаемые наземной станцией, круглосуточно. Выходной продукцией ПО СКАНЭКС Терминал® является большой набор разнообразных стандартных и тематических продуктов по атмосфере, подстилающей поверхности и водам Мирового океана. Набор продуктов,

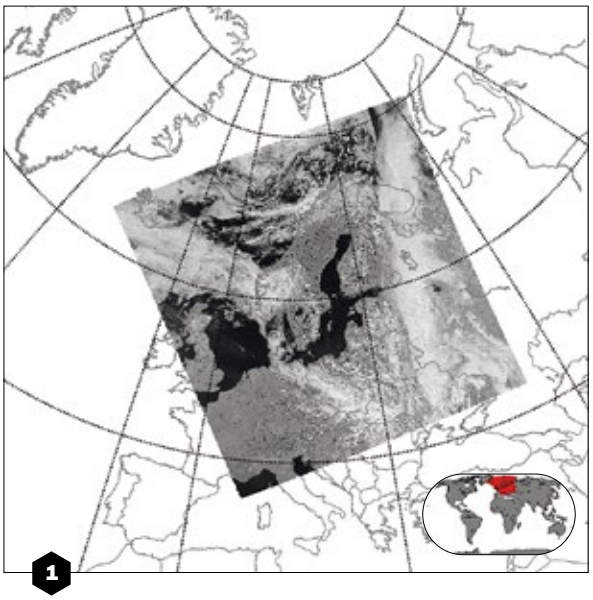


Рис. 1. Отражательная способность в канале 0,86 мкм (Reflectance). Съемка с КА Suomi NPP 19 июля 2016 г.

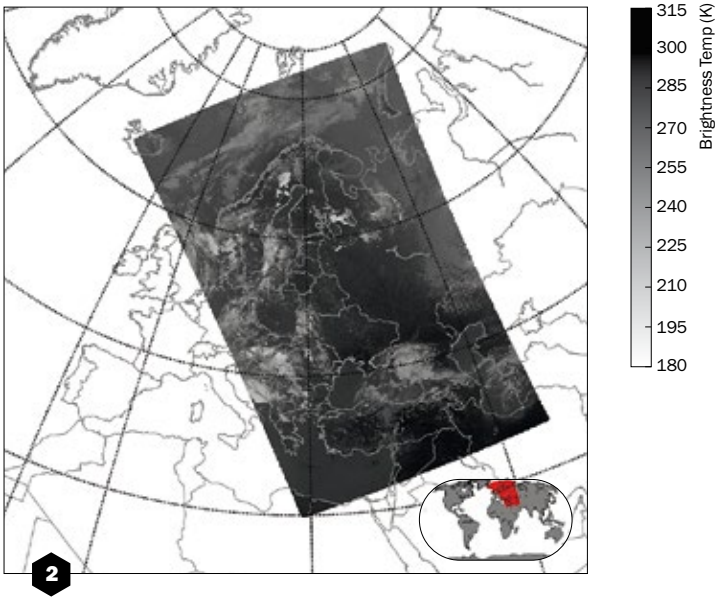
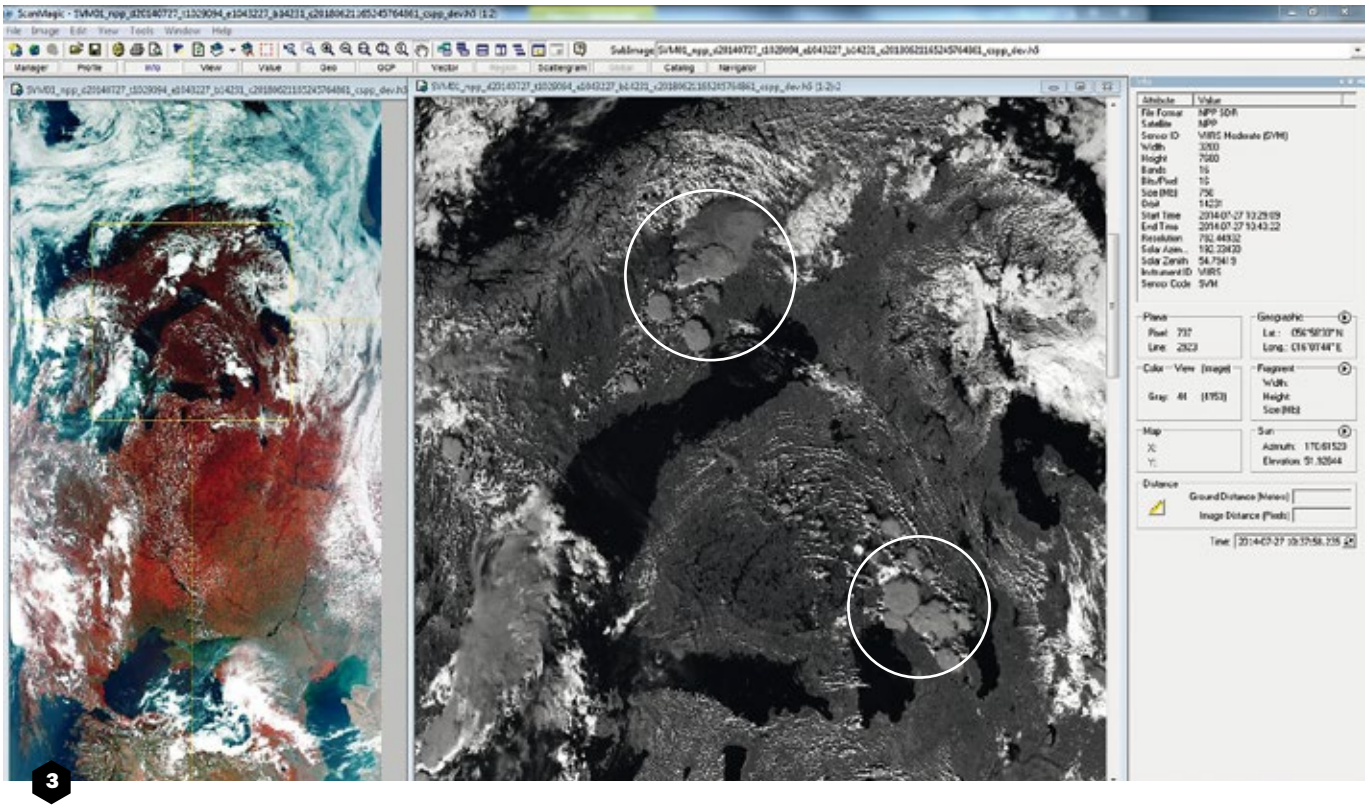


Рис. 2. Яркостная температура в канале 11,6 мкм (Brightness Temperature). Съемка с КА Suomi NPP 27 июля 2014 г.



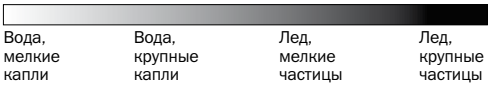
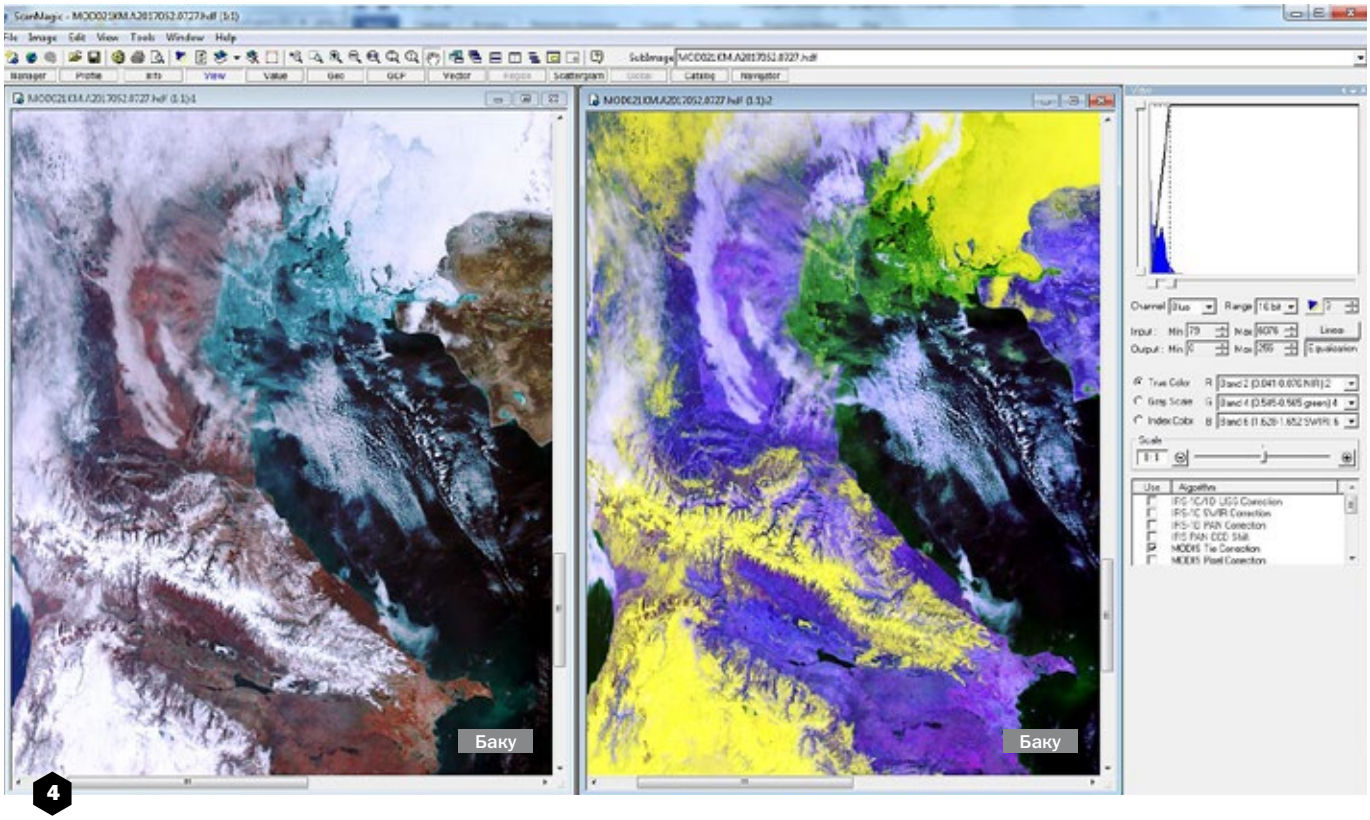
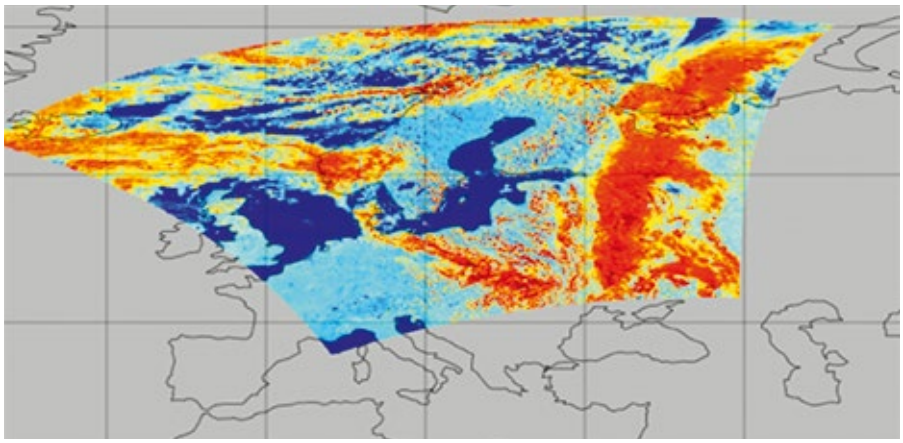


Рис. 3. Слева — изображение с КА Suomi NPP 27 от июля 2014 г. Спектрозональный монтаж RGB 7-4-3. Справа — визуализация фрагмента съемки, RGB 10-10-10 (1,6 мкм). Бельми окружностями отмечены области конвективной облачности



4

Рис. 4. Слева — фрагмент космического снимка с КА Terra от 21 февраля 2017 г. с сочетанием каналов 0,8–0,5–0,4 мкм. Справа — тот же фрагмент в RGB синтезе 0,8–0,5–1,6 мкм



Верхняя граница отражения атмосферы при длине волны 0,86 мкм NOAA CDR (%)

0,0 20,0 40,0 60,0 80,0 100,0

5

Рис. 5. Излучение на верхней границе атмосферы на длине волны 0,86 мкм. Съемка с КА Suomi NPP 19 июля 2016 г., 11:11 UTC (визуализация — ПО Panoply)

которые можно сформировать средствами ПО СКАНЭКС Терминал®, можно подобрать в соответствии с целями и задачами программ мониторинга.

Стандартный продукт (L1) — продукт прошедший процедуру географической привязки и радиометрической коррекции. Программное обеспечение СКАНЭКС ScanMagic®, ScanEx Image Processor® позволяют работать как с одним каналом изображения, так и с комбинацией каналов, выполнять пространственный монтаж (мозаику) снимков и пр.

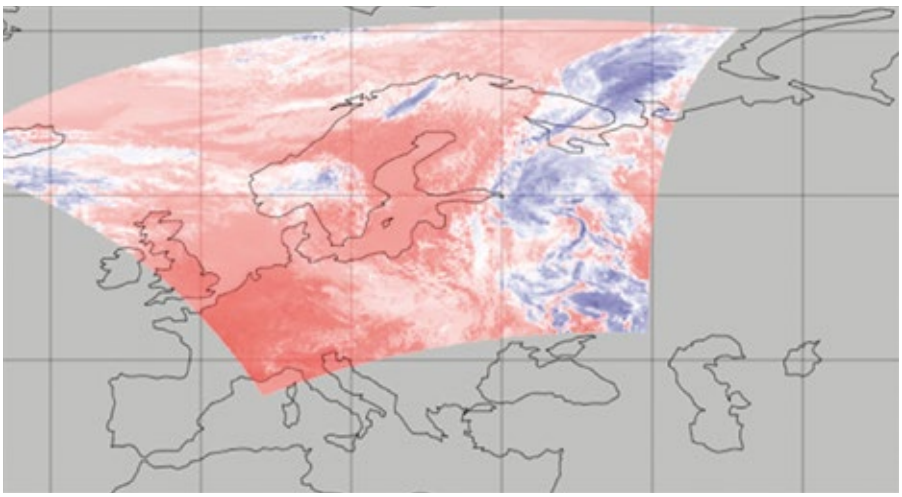
ПО ScanEx Image Processor® позволяет выполнять углубленный анализ полученных изображений, ПО ScanMagic® — каталогизировать полученные изображения. ПО СКАНЭКС Терминал® формирует уменьшенные изображения для не-

которых типов продуктов (в формате PNG), которые позволяют быстро проанализировать полученные данные в режиме, близком к реальному времени (NRT).

На рис. 1 представлено графическое изображение, полученное с помощью ПО СКАНЭКС Терминал®, в спектральном канале 0,86 мкм, на котором хорошо виден атмосферный фронт, вытянутый в меридиональном направлении. Предположить наличие конвективной облачности яркого белого цвета можно по графическому изображению в спектральном диапазоне 11,6 мкм (рис. 2). Кроме того, дешифрировать конвективную облачность можно при визуализации космического снимка в спектральном канале 1,6 мкм в ПО ScanMagic®. На рис. 3 выполнена визуализация фрагмента космического снимка (справа) в спектральном диапазоне 1,6 мкм и отмечены зоны конвективной облачности. Данные в спектральном диапазоне 1,6 мкм помогают определять наличие воды в жидкой и твердой фазе и разделять облачность и снежный покров.

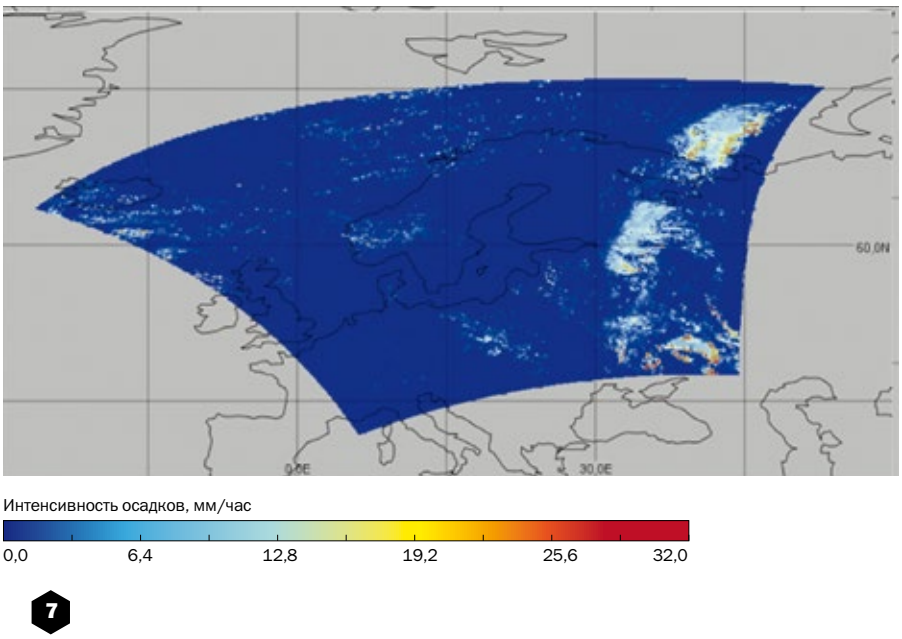
Для дешифрирования снежного покрова и облачности удобно строить RGB композит. Канал данных в спектральном диапазоне 1,6 мкм помещается в любой из трех слотов RGB. Пример такого композита представлен на рис. 4: облака становятся окрашенными в фиолетовые тона, а снег — в желтые. На рисунке хорошо прослеживается покрытая снегом горная система Кавказских гор.

Измерения в разных диапазонах спектра (видимый, ИК, микроволновой) позволяют определять свойства объектов на поверхности Земли и в атмосфере. Так, по данным КА Suomi NPP в видимом (0,8 мкм) и ИК (11 мкм) диапазонах спектра (рис. 5 и 6 соответственно) можно определить интенсивность излучения облач-



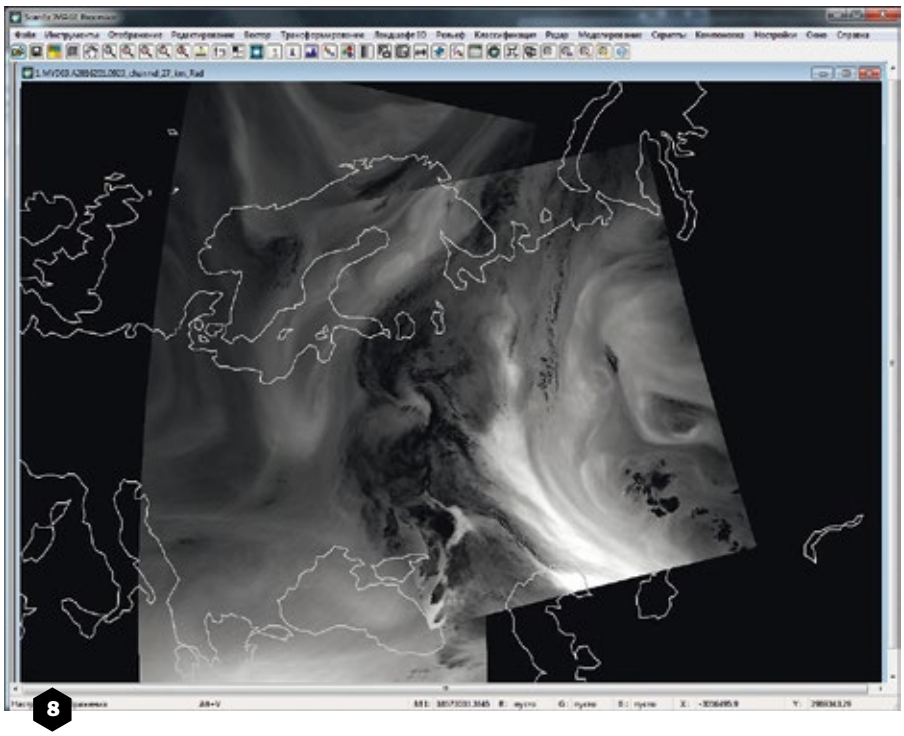
6

Рис. 6. Яркостная температура на длине волны 11 мкм. Съемка с КА Suomi NPP 19 июля 2016 г., 11:11 UTC (визуализация — ПО Panoply)



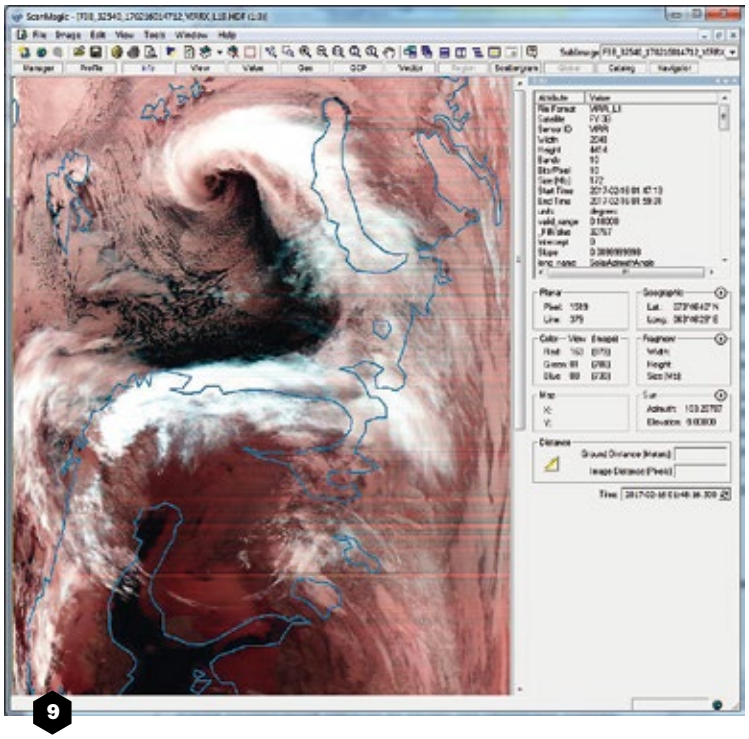
7

Рис. 7. Интенсивность осадков, мм/час. Съемка с КА Suomi NPP 19 июля 2016 г., 11:11 UTC (визуализация — ПО Panoply)



8

Рис. 8. Содержание водяного пара по данным в канале 6,5 мкм. Обнаружение облачности в верхней тропосфере. Съемка с КА Aqua 19 июля 2016 г., 9:23 и 10:59 UTC



9

Рис. 9. Съемка с КА FY-3B в темное время суток от 16 февраля 2017 г.

ных структур и оценить ее с точки зрения интенсивности осадков. Так, интенсивность осадков из облачных систем на съемке от 19 июля 2016 г. оценивается от 6 до 20 мм/час (рис. 7).

Для оценки вертикальных движений в атмосфере применяют канал водяного пара (6,2–7,3 мкм). Сенсор MODIS на платформах Terra и Aqua выполняет съемку в спектральном диапазоне 6,5 мкм. Канал водяного пара позволяет идентифицировать наличие и движение водяного пара в верхней атмосфере. Данные в этом канале широко используются в синоптической практике, поскольку позволяют характеризовать трехмерную структуру атмосферных движений. На рис. 8 представлена мозаика из двух последовательных снимков, принятых на московскую станцию сети компании «СКАНЭКС». Съемка выполнена с КА Aqua 19 июля 2016 г. в 9:23 и в 10:59 UTC. Яркие белые цвета на спутниковых изображениях в канале водяного пара соответствуют облачности в жидкокапельной фазе и восходящим вертикальным движениям, а темные цвета характеризуют отсутствие водяного пара и нисходящие атмосферные движения.

Измерения в ИК и микроволновом диапазонах спектра позволяют получать информацию об облачных системах в темное время суток. Используя данные в ночное и дневное время суток, можно следить за развитием облачных структур, оценивать скорость их перемещения и прогнозировать опасные явления. На рис. 9 представлен космический снимок в сочетании каналов 8, 9 и 10 (каналы 3.55, 10.3 и 11.5 мкм соответственно) в ПО ScanMagic®. На съемке от 16 февраля 2017 г. хорошо прослеживаются два фронтальных раздела в арктическом регионе.

Публикация материалов, полученных с помощью ПО Терминал, в веб-приложениях, таких, как GeoMixer®, GeoBox®, может быть ценным подспорьем для служб оперативного реагирования (МЧС, службы Росгидромета) и для служб, отвечающих за планомерное, постепенное и устойчивое развитие регионов. Осуществляя прием спутниковых данных на наземную станцию и получая большой набор продуктов с помощью ПО СКАНЭКС Терминал®, можно обеспечить региональный мониторинг состояния атмосферы и поверхности.

Обзор продуктов, получаемых ПО СКАНЭКС Терминал®, будет продолжен в следующих номерах журнала «Земля из космоса».

Глоссарий/термины

Отражательная способность (Reflectance) — доля направленного отраженного излучения.

Яркостная температура (Brightness Temperature) —температура, которую имело бы абсолютно черное тело, обладающее такой же интенсивностью излучения, которая была измерена в данном спектральном диапазоне.

Альбедо — отражательная способность поверхности, определяется как отношение полусферического отраженного потока излучения к падающему, зависит от типа поверхности и от спектрального характера падающего излучения. Например, альбедо снега в видимом диапазоне спектра высокое, а чернозема — низкое.

Конвективная облачность — облачность, образующаяся за счет восходящих движений воздуха, является причиной интенсивных, часто кратковременных осадков. ¶

Список литературы

1. Нигматулин Р.И. Глобальное потепление в реальности и в климатических моделях. Турбулентность, динамика атмосферы и климата. Труды международной конференции, посвященной памяти академика А.М. Обухова 13–16 мая 2013. С. 255.
2. Мохов И.И. Современные изменения климата: аномалии и тенденции. Турбулентность, динамика атмосферы и климата. Всероссийская конференция с международным участием, посвященная столетию со дня рождения академика А. М. Обухова, Москва, 16–18 мая 2018 г., сборник тезисов.

СПУТНИКОВЫЙ МОНИТОРИНГ НЕФТЯНЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ПЕРСИДСКОГО ЗАЛИВА

Андрей Иванов

ИНСТИТУТ ОКЕАНОЛОГИИ
ИМ. П.П. ШИРШОВА РАН

Надежда Терлеева

ИНСТИТУТ ОКЕАНОЛОГИИ
ИМ. П.П. ШИРШОВА РАН

Наталья Евтушенко

СПЕЦИАЛИСТ ГРУППЫ ОПЕРАТИВНОГО
СПУТНИКОВОГО МОНИТОРИНГА МОРЕЙ
ГК «СКАНЭКС»

Вячеслав Евтушенко

Подводятся итоги и обсуждаются результаты спутникового мониторинга пленочных загрязнений Персидского залива, который проводился в 2017 г. Работы по обнаружению пленочных загрязнений морской поверхности залива и определению их источников проходили в рамках пилотного проекта.

Нефтегазоносный бассейн Персидского залива охватывает весь залив и прилегающую часть суши. В его пределах находятся территориальные воды Ирака, Ирана, Кувейта, Саудовской Аравии и Объединенных Арабских Эмиратов (ОАЭ). Общая площадь залива — 239 тыс. км^2, а площадь нефтегазоносного бассейна с его сухопутной частью — 720 тыс. км^2. В пределах Персидского залива выявлено около 300 нефтяных и газовых месторождений, из которых 13 — с запасами нефти от 1 до 10 млрд т и 40 с запасами нефти от 0,1 до 1 млрд т. Непосредственно в заливе расположены следующие крупные месторождения нефти: Сафания-Хафджи, Манифа, Ферейдун-Марджан, Абу-Сафа, Умм-Шейф, Берри, Зулуф, Зукум, Лулу-Эсфандияр, Эль-Букуш и др. [1].

Интерес специалистов к Персидскому заливу вызван тем, что он является одной из морских зон, постоянно подвергающихся риску нефтяного загрязнения. В Персидском заливе разрабатываются 34 нефтегазовых месторождения, пробурены более 800 скважин, нефть и газ добывают на 159 платформах, ее перекачивают через 25 нефтяных терминала; через залив проходит большое количество танкеров всего мира (20–30 тыс. танкеров в год). Нефтедобыча и нефтеперевозки превратили залив в одну из самых загрязненных морских акваторий мира. По оценкам специалистов, в воды залива попадают от десятков до тысяч тонн нефти и нефтепродуктов ежегодно. Исследования также показывают, что уровень нефтяного загрязнения в этом районе превышает средний мировой уровень в 50 раз [2, 3].

Также следует помнить, что в Персидском заливе постоянно возникают крупные техногенные нефтяные разливы. Один из наиболее крупных произошел в 1990 г., во время ирако-кувейтской войны, когда в воды залива в общей сложности попало более 1,5 млн т нефти. Нефть

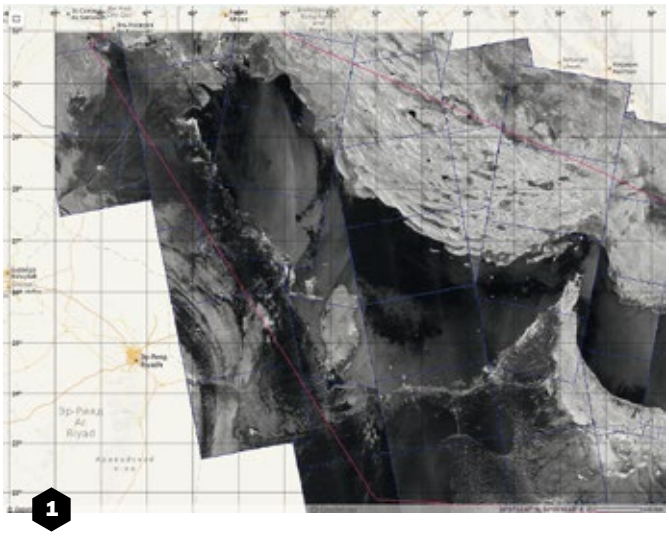


Рис. 1. Пример покрытия Персидского залива радиолокационными изображениями спутников Sentinel-1A and Sentinel-1B в июне 2017 г. © ESA, СКАНЭКС

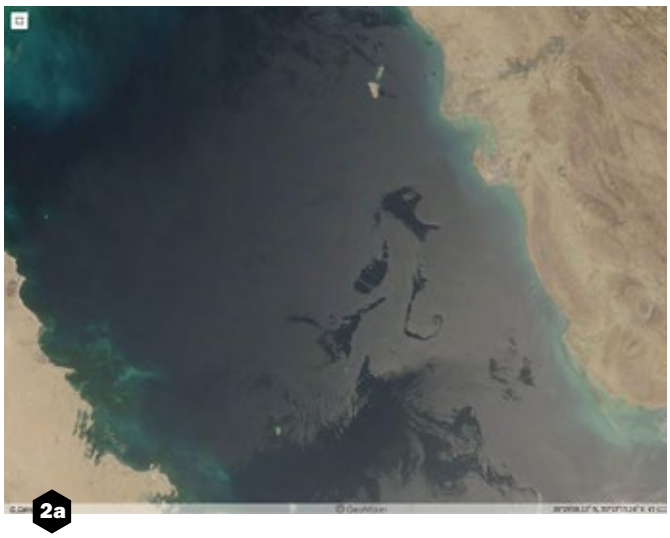


Рис. 2а. Аномально крупные разливы нефти в Персидском заливе на оптическом снимке спектрорадиометра MODIS на ИСЗ Terra от 14.05.2017 в 07:25 UTC. © NASA GSFC

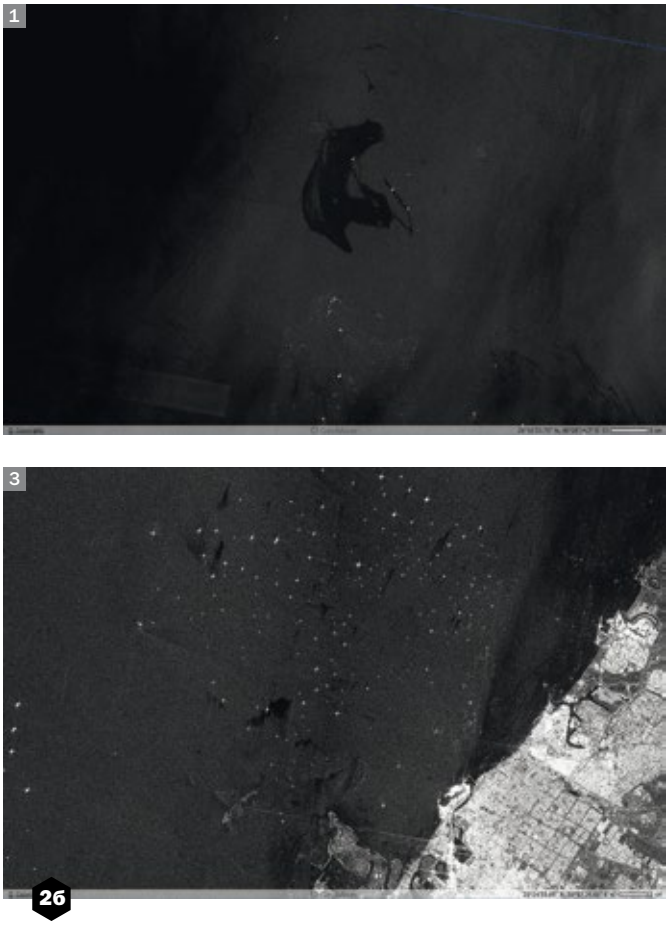


Рис. 2б. Примеры типичных разливов обнаруженных на радиолокационных изображениях: 1) крупный разлив в месте нефтедобычи (иранский сектор, месторождение Aboozar) 26.03.2017; 2) разливы в месте нефтедобычи (иранский сектор, месторождение Salman) 26.03.2017; 3) многочисленные судовые разливы на рейде Дубая (ОАЭ) 10.05.2017; 4) крупный судовой разлив длиной 154 км, произведенный в дневное время, напротив побережья ОАЕ 10.10.2017. © ESA

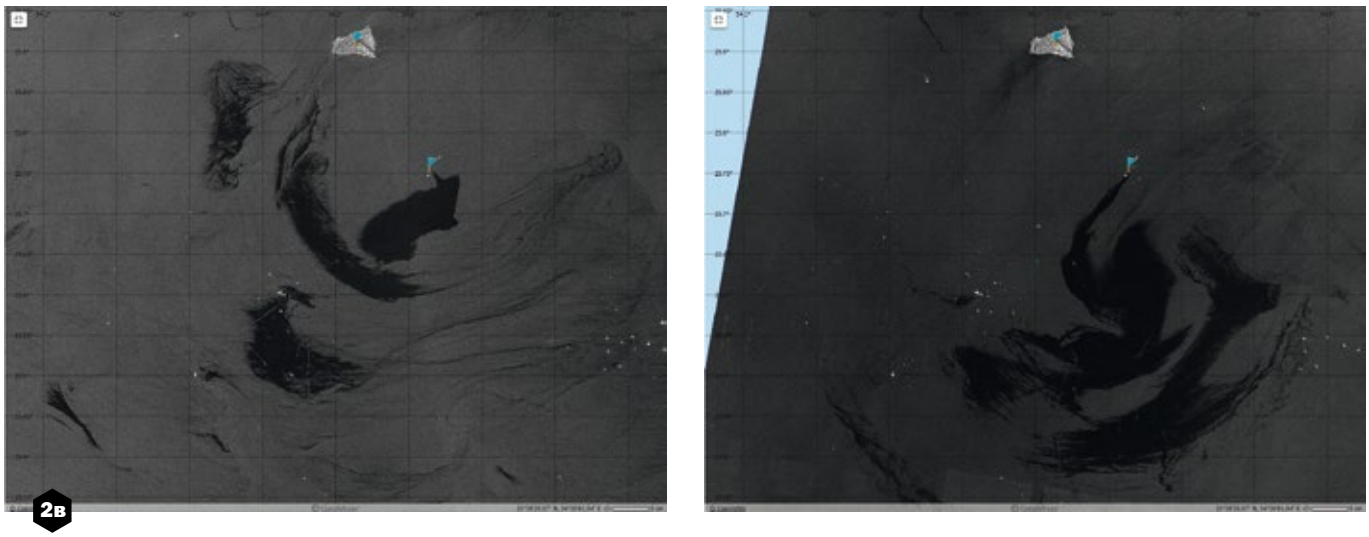


Рис. 2в. Аномально крупные разливы нефти в Персидском заливе на РЛИ Sentinel-1A от 8.03.2017 (14:24 UTC) общей площадью 486 км² (слева) и 11.03.2017 (02:15 UTC) общей площадью 783 км² (справа); флажками отмечен о. Сирри и платформа WPE-1 на месторождении Sirri-E. © ESA

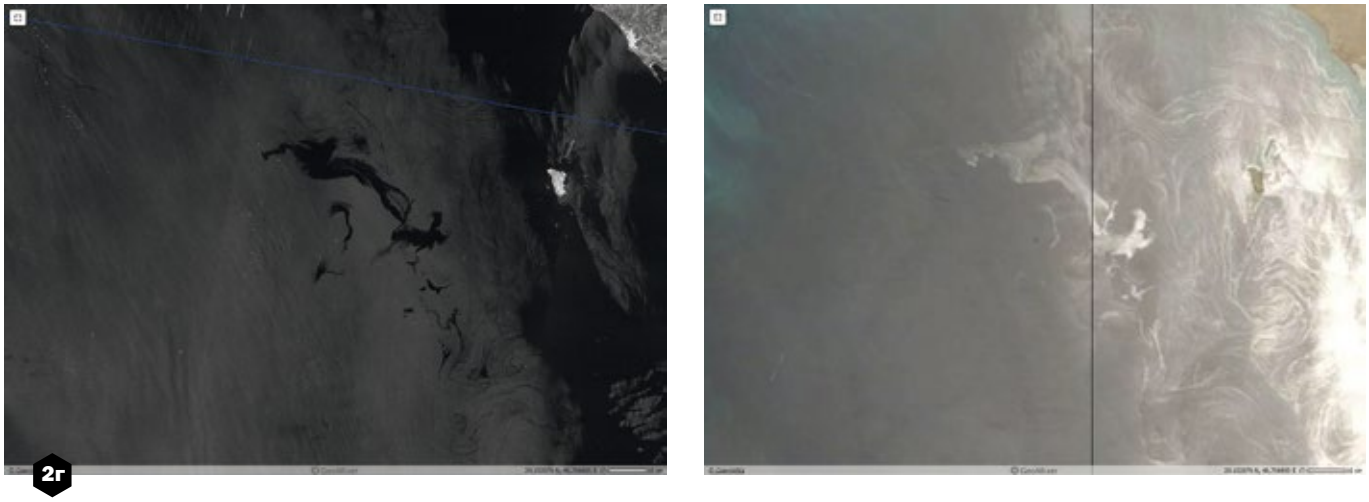


Рис. 2г. Аномально крупный разлив в месте нефтедобычи (иранский сектор, месторождение Aboozar) от 6.06.2017: на РЛИ Sentinel-1A в 02:38 UTC и оптическом снимке MODIS Terra в 07:30 UTC. © ESA, NASA GSFC

покрыла тысячи кв. км поверхности моря и загрязнила около 600 км побережий. Не стал исключением и 2017 г.: в марте аномально крупные разливы нефти были обнаружены на месторождении Sirri-E, а в августе — вблизи побережья Кувейта. Последний произошел на устаревшем нефтепроводе, связывающим морское месторождение Аль-Хафджи; в воду попало около 5 500 м³ нефти).

Однако, несмотря на очевидные проблемы, — постоянный мониторинг этой акватории, исключая отдельные попытки исследований [4], не проводится. Кроме того, данные космической радиолокации практически не используются. Поэтому настоящее исследование было направлено на решение одной из актуальных экологических проблем Персидского залива: оценить современное состояние морской среды и загрязненности залива в целом.

Для наблюдения за состоянием акватории залива и обнаружения нефтяных загрязнений использовалась технологии и методы, разработанные в ГК «СКАНЭКС», в частности, технология оперативного спутникового мониторинга, основанного на мультиспутниковых съемках, и технология GeoMixer.

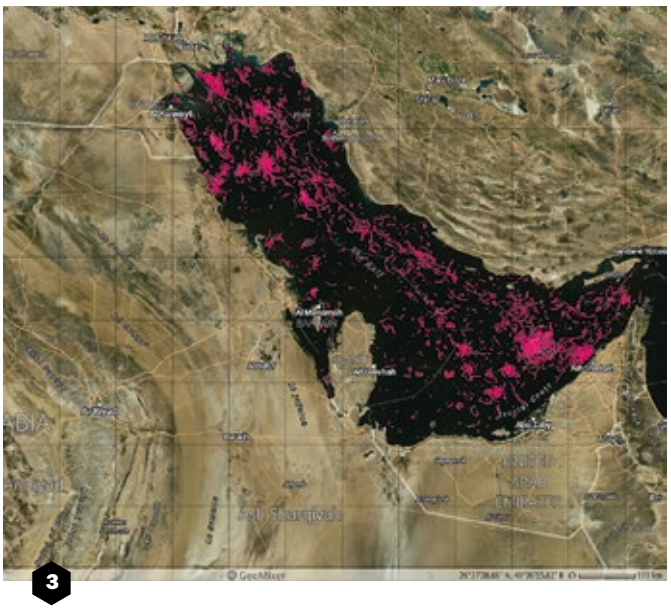


Рис. 3. Интегральная карта всех пленочных загрязнений, обнаруженных в Персидском заливе в 2017 г. на РЛИ спутников Sentinel-1A и Sentinel-1B (толстой серой линией показаны границы территориальных вод). © СКАНЭКС, ИО РАН

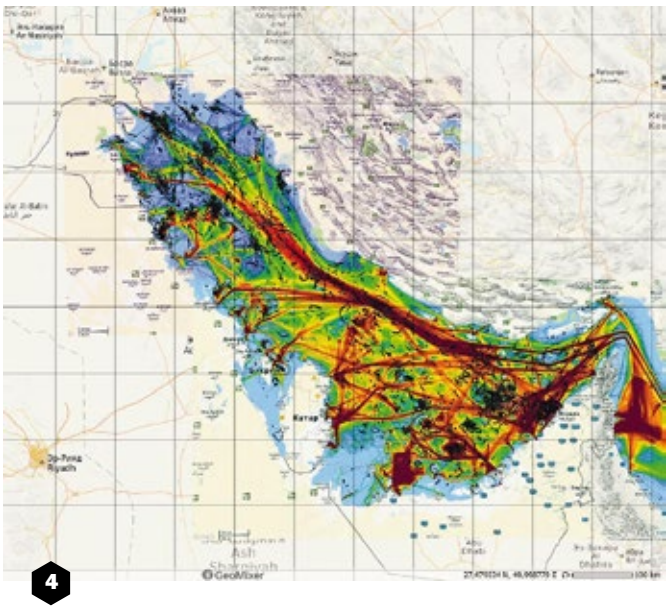


Рис. 4. Карта пленочных загрязнений (показаны черным цветом), совмещенная с картой интенсивности судоходства в Персидском заливе. © marinetraffic.com

В 2017 г. во время мониторинга спутниковая информация (по мере появления радиолокационных изображений (РЛИ) Sentinel-1A и Sentinel-1B на оперативном портале компании «СКАНЭКС») после анализа и экспертной оценки выкладывалась на специальный созданный геопортал, в основе работы которого лежит веб-ГИС приложение GeoMixer. В нем удобно проводить интерактивный анализ: выявлять пятна загрязнений, верифицировать их с помощью другой спутниковой и подспутниковой информации, а также создавать их векторные слои и итоговые карты. Для идентификации обнаруженных на РЛИ пятен пленочных загрязнений использовался геоинформационный (ГИС) подход, основы которого сформулированы в [5]. Основным подспорьем для анализа стали детальные навигационные карты с объектами морского нефтегазового комплекса (НГК) стран залива и карты навигационно-судовой обстановки, позволяющие оценивать судовой трафик и выявлять наиболее загруженные судоходные трассы. При необходимости для верификации данных радиолокации и оценки общего экологического состояния морской среды в районе мониторинга дополнительно привлекались данные оптических спутников Terra, Aqua, Suomi NPP, Sentinel-2 и Landsat 8 и геофизические продукты, созданные на их основе.

Всего было проанализировано 209 РЛИ европейских спутников Sentinel-1A и Sentinel-1B, полученных в 2017 г., полностью или частично покрывающих Персидский залив, включая территориальные воды и экономзоны стран залива (рис. 1), на которых было обнаружено и идентифицировано 4 905 пятен пленочных загрязнений.

Пленочные загрязнения антропогенного происхождения в Персидском заливе обнаруживались практически повсеместно. Значительная часть пленочных загрязнений моря, обнаруженных в районах судоходства, представляла собой судовые разливы, которые были произведены в результате моек танков, сброса балластных вод и прочих судовых отходов, содержащих нефтепродукты (льяльные воды, отработка, воды машинного отделения и т.п.); они детектировались главным образом вблизи основных судоходных трасс и в районах танкерной активности, а также на рейдах и якорных стоянках (рис. 2б). Другой характерный для залива тип пленочного загрязнения — это повсеместные нефтеразливы на морских объектах НГК, которые нередко имели протяженность в десятки и сотни километров и площади более 50–100 км^2 (рис. 2а, 2г). Некоторые из них были настолько гигантскими, что были соизмеримы с разливом Deep Horizon в Мексиканском заливе [6], и поэтому хорошо видны на безоблачных снимках спектрорадиометров MODIS на ИСЗ Terra и Aqua (рис. 2а, 2г). Использование детальных навигационных карт позволило с высокой степенью вероят-

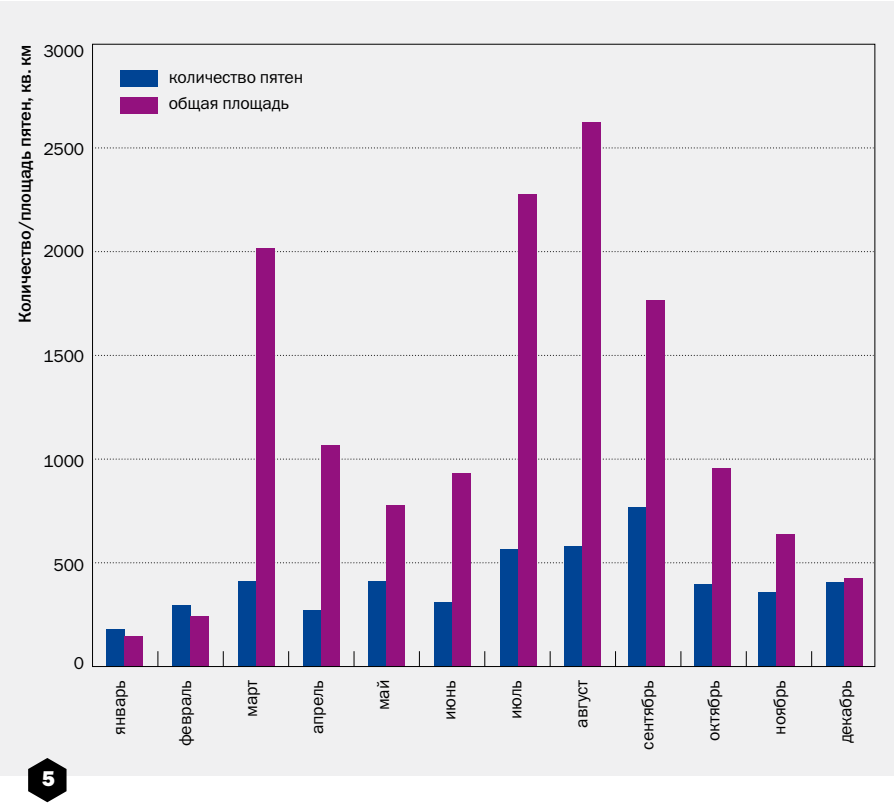


Рис. 5. Основная статистика мониторинга 2017 г.

Табл. 1. Количество и площадь пятен, обнаруженных в ходе мониторинга в 2017 г.

Месяц	*Количество обнаруженных пятен пленочных загрязнений*	*Общая площадь, км²*
январь	176	143
февраль	297	246
март	399	2 011
апрель	265	1 061
май	403	775
июнь	306	932
июль	564	2 279
август	575	2 612
сентябрь	773	1 759
октябрь	390	954
ноябрь	358	643
декабрь	399	420
всего	**4 905**	**13 835**

ности определять тот или иной объект НГК — платформу, терминал, нефтепровод и т.п., причастный к загрязнению.

В итоге общая площадь всех обнаруженных загрязнений составила 13 840 км². Площадь индивидуальных пятен варьировала от 0,5 до 600 км². Подавляющее большинство пятен пленочных загрязнений было приурочено к районам добычи нефти и газа, а также к основным судоходным трассам, часть из которых проходит вдоль длинной оси залива и далее соединяет крупные нефтеперевалочные базы и порты (рис. 3, 4). Наиболее крупные разливы (суммарной площадью от 240 до 780 км²) были обнаружены в иранском секторе залива (к югу от о. Сирри) в конце первой декады марта 2017 г. на месторождении Sirri-E, когда случился аварийный выброс у платформы WPE-1 (рис. 2в) (по оценкам специалистов компании SkyTruth, в воду залива попало от 300 до 620 м³ нефти или нефтепродуктов [7]), а также в начале июня на месторождении Aboozar и в середине августа у побережья Кувейта (рис. 2г).

Анализ массива пятен пленочных загрязнений и карты их пространственного распределения (рис. 3) позволил получить не только качественную, но и количественную информацию о нефтяном загрязнении Персидского залива. Статистика мониторинга представлена на рис. 5 и приведена в таблице; ее анализ показывает крайне высокое загрязнение залива по сравнению с другими подобными акваториями Мирового океана. Наибольшая плотность пятен пленочных загрязнений отмечена в северной части залива — в иранских, кувейтских и саудовских водах, а также в южной части, в том месте, где иранские территориальные воды примыкают к водам ОАЭ (рис. 3, 4). Большое количество мел-

ких пятен группируются в местах расположения крупных терминалов и нефтедобывающих платформ, что однозначно маркирует их положение и говорит об устаревшей технологии перекачки нефти. Заметим также, что в территориальных водах плотность пятен значительно ниже, чем в водах экономзон и открытой части залива, что, возможно, говорит о том, что положения конвенции МАРПОЛ (которая относит залив к особым зонам) так или иначе соблюдаются.

Таким образом, на основе анализа интегральной карты (рис. 3) было сделано заключение, что Персидский залив подвержен серьезному нефтяному загрязнению, главным образом, в результате интенсивной нефтедобычи, перевозки нефти и активного танкерного судоходства. Акватория залива в районе судоходных трасс загрязнена благодаря мойкам танков, нелегальным сбросам различных жидких судовых отходов и остаточных нефтепродуктов (рис. 4). Очевидно, что такое положение дел не сулит ничего хорошего экологии залива даже при формальном соблюдении общемировых стандартов и требований к охране окружающей среды. А если это так, то природоохранным ведомствам стран Персидского залива крайне необходимо разобраться с этой очевидной проблемой, а также активно использовать данные космической радиолокационной съемки для ежегодного мониторинга, в том числе в качестве доказательной базы.

Еще раз можно констатировать, что в настоящее время спутниковый радиолокационный мониторинг нефтяного загрязнения является единственным эффективным инструментом контроля нефтяного загрязнения поверхности морей и океанов. Подход и концепция мониторинга нефтяных загрязнений на основе спутниковых съемок, разработанная ГК «СКАНЭКС», позволяет обнаруживать и идентифицировать практически все пленочные загрязнения морской поверхности, включая нефтяные, а технология геоинформационных сервисов, соответствующая уровню мировых стандартов, обладает высокой функциональностью. Так как нет достоверной информации о том, насколько регулярно в странах Персидского залива используются спутниковые наблюдения для подобного мониторинга, данный подход и методы могут быть использованы для задач независимого мониторинга нефтяных загрязнений этой акватории.

В заключение следует отметить, что анализ собранных в ходе мониторинга радиолокационных данных пролил свет на проблему загрязнения одного из уникальных водоемов Мирового океана и дал принципиально новую информацию для понимания сути проблемы. Можно надеяться, что данные и результаты, полученные в результате мониторинга, будут способствовать более эффективной защите морской среды Персидского залива от нефти и нефтепродуктов, а на основе ДЗЗ, ГИС и АИС технологий и геопортальных решений, например, в рамках Национальной технологической инициативы «Маринет», будет создана эффективная система мониторинга.

Работа выполнена за счет гранта Российского научного фонда (проект №14-50-00095), предоставленного Институту океанологии им. П.П. Ширшова РАН. ¶

Список литературы

1. Нефть и газ Персидского залива (http://biofile.ru/geo/15421.html).
2. Нефтяное загрязнение, серьезная экологическая проблема (http://parstoday.com/ru/radio/programs-i68596).
3. Pashaei R, Gholizadeh M., Jodeiri Iran K., Hanifi A. The effects of oil spills on ecosystem at the Persian Gulf // Int. J. Rev. Life Sci., 2015. 5(3). P. 82-89.
4. Zhao J., Temimi M., Al Azhar M., Ghedira H. Satellite-based tracking of oil pollution in the Arabian Gulf and the Sea of Oman // Can. J. Remote Sens., 2015. doi: 10.1080/07038992.2015.1042543.
5. Иванов А.Ю., Затягалова В.В. Картографирование пленочных загрязнений моря с использованием космической радиолокации и географических информационных систем // Исслед. Земли из космоса, 2007, № 6. С. 46–63.
6. Иванов А.Ю., Терлеева Н.В. Нефтяной разлив в Мексиканском заливе — вклад дистанционного зондирования в мониторинг чрезвычайной ситуации // Земля из космоса — наиболее эффективные решения, 2011. № 8. С. 72–79.
7. Oil Spill in the Persian Gulf (https://www.skytruth.org/2017/03/oil-spill-in-the-persian-gulf/).

ДИСТАНЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ФИТОПЛАНКТОНА В ОКЕАНЕ

Валентина Кравцова

ВЕДУЩИЙ НАУЧНЫЙ СОТРУДНИК ЛАБОРАТОРИИ АЭРОКОСМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ КАФЕДРЫ КАРТОГРАФИИ И ГЕОИНФОРМАТИКИ ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ФАКУЛЬТЕТА МОСКОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА ИМЕНИ М.В. ЛОМОНОСОВА

Настоящий обзор подготовлен по материалам Всероссийских открытых конференций «Современные проблемы дистанционного исследования Земли из космоса» за последнее десятилетие, ежегодно проводимых Институтом космических исследований РАН. На конференциях широко представлены исследования различных научных и производственных организаций России и ближнего зарубежья. При обзоре материалов семи последних конференций (2009–2016) по вопросам загрязнения океана, включающих более 100 докладов, выявлено, что наиболее активно развиваются методы исследования концентрации фитопланктона, которым посвящено около 40% работ, и методы контроля нефтяного загрязнения (30% работ). На внутримассовое загрязнение взвесями, мутность вод приходится 10% от общего числа докладов. Пятая часть работ относится к комплексным исследованиям различных параметров загрязнения, экологическим оценкам, организации исследований, созданию специальных сайтов для представления их результатов, разработке новых алгоритмов. Вопросам исследований нефтяного загрязнения вод океана посвящен предыдущий обзор [1], а настоящий охватывает работы по широко выполняемым дистанционным исследованиям фитопланктона в океане.

Фитопланктон — микроскопические одноклеточные живые организмы — составляют основу питания в океане. Они образуют нижний трофический уровень питания других морских организмов, выполняя фотосинтез в океанических водах, в процессе которого углекислый газ атмосферы превращается в органические вещества, в конечном счете осаждающиеся в виде детрита. Фиксация углерода фитопланктоном или первичная продуктивность океана играет огромную роль в углеродном цикле и многих геохимических процессах.

Таким образом, этот параметр вод океана важен не столько в связи с вопросами их загрязнения, но и как экологически важный показатель биопродуктивности океана. Биомасса фитопланктона представляет ключевую характеристику для расчета первичной продукции океанов и морей. Фитопланктон участвует в фотосинтезе, в глобальном балансе CO^2, этим определяется экологическая значимость наблюдений за ним в исследованиях глобального углеродного цикла. Наблюдения за фитопланктоном актуальны и в рыбохозяйственных целях [2], поскольку концентрация фитопланктона служит индикатором скопления промысловых рыб.

Содержащийся в фитопланктоне хлорофилл-а меняет цвет воды океана, который можно фиксировать со спутника. Эту информацию обеспечивают многозональные сканеры цвета воды, начиная с 1978 г. — сканирующая система CZCS/Nimbus, затем сменившие его SeaWIFS/SeaStar, MODIS/Aqua с 10 спектральными каналами в видимом диапазоне. В связи с изменением характеристик регистрирующей аппаратуры на новых спутниках при долговременном мониторинге решаются проблемы совместимости данных SeaWIFS, MODIS, MERIS [3]. Анализируются особенности спектрального отражения фитопланктона, в частности, причины возникновения локального минимума вблизи 510–520 нм в спектре коэффициентов яркости излучения, выходящего из водной толщи [4]. В NASA регулярно создаются глобальные карты концентрации фитопланктона в океане с различным пространственным и временным осреднением, доступные по Интернету и широко используемые для Мирового океана. Они базируются на алгоритмах корреляции между цветовыми характеристиками вод и концентрацией фитопланктона, разработанных первоначально на основе контактных наблюдений в водах Калифорнийского залива и Карибского моря, и не учитывающих специфику морей России.

Региональные биооптические алгоритмы

Применение стандартных биооптических алгоритмов, разработанных для сканеров SeaWIFS/SeaStar, MODIS/Aqua и полученных для вод открытого океана, при их использовании для большинства морей России может приводить к существенным ошибкам при расчетах концентрации хлорофилла и взвешенного вещества [5]. Так, данные для Баренцева моря могут быть превышены в 4–23 раза, для Черного и Каспийского — в 2–21 раз [6]. В связи с этим в Институте океанологии РАН проводится разработка алгоритмов для Баренцева, Белого, Черного, Каспийского, Японского, Карского морей. Основу составляют натурные подспутниковые наблюдения в рейсах, выполняемых при участии Атлантического и Южного отделений Института океанологии РАН, Тихоокеанского океанологического института, Российского государственного гидрометеорологического университета. С помощью плавающего спектрорадиометра проводятся измерения спектральных коэффициентов яркости водной толщи и прямыми стандартными методами определяется поверхностная концентрация хлорофилла и взвеси. Алгоритмы дифференцируются для разных частей морей — юго-восточной Балтики [7–9] и Финского залива [10–12], северной и южной частей Каспийского моря [5,13] и относятся лишь к определенным сезонам, когда выполняются рейсы, с чем связана необходимость их постоянного пополнения и обновления. В Карском море, где частая облачность существенно ограничивает возможности получения спутниковых данных сканеров цвета, приходится прибегать к осреднению за несколько дней и даже месяц; осложнение вносит также сильное влияние материкового стока на поверхностный слой воды [14, 15]. Океанологи ДВО РАН проводят комплексный спутниковый и натурный мониторинг биопараметров морских акваторий [16]. В Японском море для калибровки спутниковых алгоритмов используются данные зонда SBE-19+ [17]. Как и в Карском море, в заливе Петра Великого на оценку концентрации хлорофилла-а сильно влияют высокие концентрации растворенного органического вещества (РОВ), выносимого с материковым стоком; в связи с этим проведены специальные эксперименты по изучению этого влияния [18]. Ставится вопрос о разработке региональных алгоритмов и для оценки вод внутренних водоемов [19–21]. На Горьковском водохранилище опробовано использование лазерного зондирования с помощью лидара УФЛ-9 для оценки концентрации хлорофилла, органических веществ [22].

Атласы биооптических характеристик морей России

Начиная с 2002 г. в Лаборатории оптики океана Института океанологии РАН выпускаются электронные атласы биооптических характеристик морей России, построенные по данным спутниковых сканеров цвета и обновляемые каждые два года на основе разработанных региональных алгоритмов. На IX конференции ИКИ РАН был представлен шестой выпуск такого атласа [23], на XIII конференции — восьмой выпуск [24], а на XIV конференции доложено об использовании таких атласов в исследованиях арктических морей [25].

Каждый атлас включает данные по биооптическим характеристикам Баренцева, Белого, Черного и Каспийского морей и содержит около 2 тыс. цветных карт, показывающих среднемесячные распределения биооптических характеристик: концентрации хлорофилла и взвеси, показателей рассеяния назад взвешенными частицами и поглощения окрашенным органическим («желтым») веществом, а также температуры поверхности моря (ТПМ); диаграммы изменчивости среднемесячных значений вышеуказанных характеристик в различных субрегионах и для морей в целом; таблицы среднегодовых значений характеристик с 1998 по 2010 гг. Для расчета использовались ежедневные данные второго уровня сканеров цвета SeaWiFS (январь 1998 — июнь 2002) и MODIS-Aqua (июль 2002 — декабрь 2014), доступные на сайте НАСА (http://oceancolor.gsfc.nasa.gov); была выполнена «сшивка» данных SeaWiFS и MODIS-Aqua по перекрывающимся данным 2002–2007 гг. Данные 2013–2014 гг., впервые включенные в атлас, получены с помощью новой версии программного обеспечения SeaDAS l2gen 6.7.0. Материалы, представленные в атласе, дают возможность заинтересованным специалистам-океанологам получить представление о пространственной и временной изменчивости биооптических характеристик в указанных морях России, которую реально можно изучить только с помощью спутниковых данных.

Сезонные и межгодовые изменения биооптических характеристик, циклы цветения фитопланктона

Регулярная постоянная работа спутниковых сканеров цвета позволяет изучать сезонную и межгодовую изменчивость биооптических характеристик различных акваторий. Такое изучение выполнено для Черного моря [26], Балтийского моря, где по циклам цветения фитопланктона выделены три региона с различным распределением активности цветения, характерными пиками цветения весной и летом, а в Финском заливе — также и осенью [27], а также для Бискайского залива [28]. Исследуется влияние на циклы цветения различных факторов: прохождения глубоких циклонов над Баренцевым морем [29], температуры водной поверхности в окраинных морях северо-западной части Тихого океана [30], в Атлантическом океане [31]. Выявлены шестнадцатилетние тренды изменчивости частотности цветения Emiliania Huxley и изменений площади ареалов их распространения в Северном, Норвежском, Гренландском, Баренцевом и Беринговом морях, что влияет на альбедо поверхности, потоки тепла, цикл углерода, кислотность воды, миграцию рыбы [32].

Цветения кокколитофорид, сине-зеленых и других водорослей

Цветения кокколитофорид — одноклеточных водорослей, представляющих собой сферические клетки, окруженные дискообразными чешуйками, состоящими из карбоната кальция $CaCO^3$ — могут охватывать громадные площади в различных океанах и многих морях и оказывать существенное влияние на важные физические и биогеохимические процессы, в частности на обмен CO^2 между океаном и атмосферой и глобальные климатические изменения. Кокколитофориды выделяются среди других видов фитопланктона по оптическим характеристикам, прежде всего сильным слабоселективным рассеянием, что делает возможным обнаружение их цветений по данным спутниковых сканеров цвета [33]. Благодаря увеличенному содержанию в воде взвешенных частиц — специфического карбонатного «панциря» — яркость ее возрастает. Однако на яркость восходящего излучения влияют и другие виды фитопланктона, например, диатомовые водоросли, а также взвеси речного стока. В специальных экспериментах в северо-восточной части Черного моря предложены методы разделения доминирующих видов фитопланктона [34], кокколитофорид и взвесей, для чего предложена двухпараметрическая модель и алгоритм для расчета концентрации кокколитов [35]. Решаются проблемы определения видового состава фитопланктона [36]. Исследуется влияние видового состава фитопланктона на динамику развития биогенных пленок [37]. Изучаются условия обитания бурых водорослей по данным дистанционного зондирования [38]. В качестве показателя цветения Nodularia spumigena предложено использовать коротковолновые минимумы коэффициентов яркости водной поверхности [39]. Сравнение возможностей индикации цветений в разных морях показывает необходимость разработки региональных алгоритмов, например, для Баренцева моря, где, в отличие от Карского, проблема влияния речного стока отсутствует [23, 40]. Разрабатываются региональные алгоритмы количественной оценки цветений цианобактерий в восточной части Финского залива [11]. Выполнен сравнительный анализ распределений спектральных коэффициентов яркости водной поверхности, зарегистрированных сканером MODIS-Aqua до, во время и после интенсивных цветений кокколитофорид в Черном море и сине-зеленых водорослей на Балтике. Поскольку скопления сине-зе-

леных сопровождаются заметным поступлением их прижизненных выделений, то селективное светопоглощение оказывает гораздо более существенное влияние на формирование поля яркости на Балтике по сравнению с Черным морем [41]. Изучены межгодовые изменения характеристик кокколитофоридных цветений в Баренцевом море [42]. Выполнена количественная оценка годового продуцирования кокколитофорами взвешенного неорганического углерода и его многолетней динамики (2002–2010) в Арктическом океане, для чего привлечены данные не только в видимом, но и в инфракрасном и микроволновом диапазоне [43].

Исследование фитопланктона радиофизическими методами

Все рассмотренные выше методы исследования фитопланктона основаны на использовании многозональных сканеров цвета, работающих в видимом диапазоне, и, соответственно, неприменимы в условиях облачности. Для обширных площадей океанов и морей этот недостаток компенсируется за счет большой частоты наблюдения и временного осреднения. Такая компенсация мало реальна для небольших внутренних водоемов. Поэтому для оценки их эвтрофикации опробуется радиолокационное зондирование, независимое от облачности [44]. В частности, это относится к эволюции пленки фитопланктона, образованной потоком вспенивающих газовых пузырьков [45]. Для разработки радиофизических методов экологического мониторинга внутренних водоемов проведены подспутниковые эксперименты на Горьковском водохранилище. Натурные судовые дистанционные и контактные исследования зон цветения выполнялись квазисинхронно с радиолокационной съемкой акватории со спутника TerraSAR-X. С моторной лодки были взяты пробы биогенных пленок с использованием специальной сеточной методики с последующим лабораторным анализом упругих характеристик пленок, а также выполнен отбор объемных проб воды и определение ее эффективной вязкости в присутствии фитопланктона. Измеренные упругости биогенных пленок и, соответственно, коэффициент затухания гравитационно-капиллярных волн в целом растут с ростом концентрации фитопланктона, что объясняет эффект подавления радиолокационного рассеяния из зон с высокой концентрацией водорослей. Выполнены модельные расчеты изменения интенсивности радиолокационного рассеяния при различной концентрации фитопланктона, с использованием полученных в экспериментах данных о характеристиках пленок и эффективной вязкости воды. Теория и эксперимент удовлетворительно согласуются друг с другом. Полученные результаты свидетельствуют о возможности использования спутниковых радиолокаторов с синтезированной апертурой для диагностики зон с высокой концентрацией фитопланктона [46].

К аналогичным выводам о целесообразности применения методов радиолокации совместно с данными оптических сканеров цвета приходят и исследователи антропогенного эвтрофирования морских акваторий как индикатора экологического состояния морских экосистем [47]. Поскольку при вспышках цветения фитопланктона существенно увеличивается количество пленок биогенного происхождения, предлагается детектировать их по спутниковым радиолокационным данным. Такие исследования проведены в восточной части Черного моря, где в период с октября 2010 по сентябрь 2011 гг. проанализированы более 100 снимков ASAR/Envisat, а на даты их получения по данным аппаратуры MODIS/Aqua построены поля распределения значений концентрации хлорофилла-а. На целесообразность совместного использования радиолокационных и оптических изображений указывают и другие исследователи [48–50], считая, что такой подход позволяет выделять поверхностные загрязнения на фоне других поверхностных аномалий шероховатости морской поверхности, например, штилевых областей или фронтальных зон течений.

Заключение

Таким образом, в нашей стране широко проводятся исследования биологической продуктивности океана на основе спутниковых данных, главным образом цветовых сканеров, выполняющих съемку вод в оптическом диапазоне с последующим анализом спектральных характеристик излучения верхнего водного слоя, коррелирующих с содержанием в нем хлорофилла-а. Исследования направлены на уточнение биооптических алгоритмов для конкретных морей и условий съемки. Главный недостаток метода — зависимость от условий облачности. Поэтому важно также развитие всепогодных радиофизических методов, которые привлекаются для фиксации поверхностных биопленок на основе изменения ими характеристик шероховатости морской поверхности. ¶

Список литературы

1. Кравцова В.И. Исследования нефтяного загрязнения вод океана дистанционными методами // Земля из космоса — наиболее эффективные решения. Выпуск № 8(24), 2017, с. 60–67
2. Сашко Е.В., Булатов Н.В., Никитин А.А., Муктепавел Л.С., Сашко М.В. Результаты использования материалов дистанционного зондирования в рыбхозяйственных целях на Дальневосточном бассейне. Седьмая Всероссийская открытая конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». 2009.
3. Морозов Е.А., Коросов А.А., Поздняков Д.В., Сычев В.И. Проблема совместимости данных SEAWIFS, MODIS и MERIS в случае вод типа 2на примере Бискайского залива.. Седьмая Всероссийская открытая конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». 2009.
4. Вазюля С.В. Анализ причин возникновения локального минимума вблизи 510–520 нм в спектре коэффициентов яркости излучения, выходящего из водной толщи. Восьмая открытая Всероссийская конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». 2010.
5. Рыбакова И.В., Копелевич О.В., Буренков В.И., Шеберстов С.В., Вазюля С.В. Верификация спутниковых биооптических алгоритмов для Каспийского моря по судовым данным. // «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». 2012. Т. 9, № 4, с. 202–212.
6. Копелевич О.В., Буренков В.И., Шеберстов С.В. Разработка и использование региональных алгоритмов для расчета биооптических характеристик морей России по данным спутниковых сканеров цвета. // «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». 2006. Вып. 3. Т. II, с. 99–-105.
7. Буканова Т.В., Александров С.В., Вазюля С.В., Копелевич О.В., Буренков В.И.,.Григорьев А.В., Храпко А.Н., Шеберстов С.В. Региональные алгоритмы оценки концентарции хлорофилла и взвеси в юго-восточной Балтике по данным спутниковых сканеров цвета. Восьмая открытая Всероссийская конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». 2010.
8. Буканова Т.В., Вазюля С.В., Копелевич О.В., Буренков В.И., Шеберстов С.В., Александров С.В. Региональные алгоритмы оценки концентрации хлорофилла и взвеси в юго-восточной Балтике по данным сканеров цвета. // «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». 2011. Т. 8 № 2, с. 64–74.
9. Буканова Т.В., Вазюля С.В., Копелевич О.В., Буренков В.И., Шеберстов С.В., Александров С.В. Усовершенствование спутниковых алгоритмов расчета биооптических параметров в юго-восточной Балтике. Девятая открытая Всероссийская конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». 2011-а.
10. Вазюля С.В., Храпко А.Н., Копелевич О.В., Буренков В.И., Еремина Т.Р., Исаев А.В. Использование данных спутникового сканера MODIS-Aqua для оценки концентрации хлорофилла и взвеси в водах Финского залива. Одиннадцатая Всероссийская открытая конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». 2013.
11. Вазюля С.В., Копелевич О.В., Кочеткова Е.С., Ланге Е.К., Шеберстов С.В., Еремина Т.Р., Храпко А.Н. Региональные алгоритмы количественной оценки цветений цианобактерий в восточной части Финского залива по данным спутниковых сканеров цвета. Четырнадцатая открытая Всероссийская конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». 2016.
12. Кочеткова Е.С., Ланге Е.К., Вазюля С.В., Шеберстов С.В., Максимова О.Б., Храпко А.Н., Еремина Т.Р. Верификация и использование региональных алгоритмов оценки концентрации хлорофилла и взвешенного вещества по данным спутниковых скамнеров цвета в восточной части Финского залива. Четырнадцатая открытая Всероссийская конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». 2016.
13. Рыбакова И.В., Копелевич О.В., Буренков В.И., Шеберстов С.В., Вазюля С.В. Верификация спутниковых биооптических алгоритмов для Каспийского моря по судовым данным. Девятая открытая Всероссийская конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». 2011.
14. Кузнецова О.А., Копелевич О.В., Шеберстов С.В., Буренков В.И., Демидов А.Б., Мошаров С.А. Региональный алгоритм оценки концентрации хлорофилла в Карском море по данным спутниковых сканеров цвета. Десятая Всероссийская открытая конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». 2012.
15. Глуховец Д.И., Гольдин Ю.А. Исследование биооптических характеристик вод Карского моря с использованием данных спутниковых и судовых измерений. Двенадцатая Всероссийская открытая конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». 2014.
16. Алексанин А.И., Качур В.А., Орлова Т.Ю., Павлов А.Н., Салюк П.А. Комплексный спутниковый и in situ мониторинг биопараметров морских акваторий. Седьмая открытая Всероссийская конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». 2009.
17. Захарков С.П., Гордейчук Т.Н., Стоник И.В., Штрайхерт Е.А. Калибровка спутниковых данных хлорофилла-а с использованием данных зонда SBE-19+ в Японском море. Одиннадцатая Всероссийская открытая конференция »Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». 2013.
18. Штрайхерт Е.А., Захарков С.П., Гордейчук Т.Н., Шамбарова Ю.В. Хлорофилл-а и био-оптические характеристики в заливе Петра Великого (Японское море) во время зимне-весеннего цветения. Десятая Всероссийская открытая конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». 2012.
19. Корчемкина Е.Н., Латушкин А.А., Мартынов О.В.. Шибанов Е.Б. Метод определения содержания взвеси и растворенного вещества в морской воде по спектру восходящей яркости моря. Четырнадцатая открытая Всероссийская конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». 2016.
20. Корчемкина Е.Н., Мольков А.А., Капустин И.А.. Калинская Т.В. О возможности создания регионального алгоритма для определения содержания примесей в водах внутренних водоемов по данным дистанционного зондирования. Четырнадцатая открытая Всероссийская конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». 2016-а.
21. Бочаров А.В. Использование данных дистанционного зондирования для оценки показателей мутности, цветности и содержания хлорофилла в Иваньковском водохранилище. Тринадцатая Всероссийская открытая конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». 2015.

22. Пелевин В.В., Осокина В.А., Мольков А.А., Капустин И.А. Распределение концентраций хлорофилла, органических веществ и общей взвеси в поверхностном слое Горьковского водохранилища по данным лидара УФЛ-9. Четырнадцатая открытая Всероссийская конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». 2016.
23. Копелевич О.В., Буренков В.И., Вазюля С.В., Шеберстов С.В. Биооптические характеристики морей России по данным спутниковых сканеров цвета 1998–2010 гг. Девятая открытая Всероссийская конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». 2011.
24. Копелевич О.В., Вазюля С.В., Салинг И.В., Шеберстов С.В. Электронный атлас «Биооптические характеристики морей России по данным спутниковых сканеров цвета 1998–2014 гг.». Тринадцатая Всероссийская открытая конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». 2015.
25. Копелевич О.В., Глуховец Д.И., Салинг И.В., Шеберстов С.В., Вазюля С.В., Артемьев В.А. Использование спутниковых сканеров цвета для исследования арктических морей России. Четырнадцатая открытая Всероссийская конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». 2016.
26. Буренков В.И., Копелевич О.В., Шеберстов С.В., Вазюля С.В. Сезонные и межгодовые изменения биооптических характеристик Черного моря по спутниковым данным. Восьмая открытая Всероссийская конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». 2010.
27. Евтушенко Н.В., Шеберстов С.В. Исследование циклов цветения фитопланктона в Балтийском море по данным спутниковых сканеров цвета. Тринадцатая Всероссийская открытая конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса».2015.
28. Морозов Е.А., Поздняков Д.В., Коросов А.А., Сычев В.И. Наблюдения по данным датчиков цвета океана многолетних и сезонных изменений некоторых показателей состояния экосистемы Бискайского залива. Восьмая Всероссийская открытая конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». 2010.
29. Голубкин П.А., Петренко Д.А., Морозов Е.А., Заболотская Е.В.. Бобылев Л.П., Поздняков Д.В. Исследование изменений концентрации хлорофилла-а в Баренцовом море при прохождении над ним глубоких циклонов. Десятая Всероссийская открытая конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». 2012.
30. Клещева Т.И.. Пермяков М.С.. Самок П.А., Голик И.А. Пространственная изменчивость полей концентрации хлорофилла-а и температуры поверхности океана в окраинных морях северо-западной части Тихого океана. Тринадцатая Всероссийская открытая конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». 2015.
31. Шеберстов С.В., Копелевич О.В., Лукьянова С.А. Анализ межгодовых трендов температуры поверхности океана и концентрации хлорофилла в Атлантическом океане по спутниковым данным. // «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». 2011. Т. 8, № 4, с. 274–284.
32. Кондрик Д.В., Поздняков Д.В.. Петерсон А.Х. 16-летние тренды изменчивости частотности цветений Emiliania huxley и площадей их ареалов в Северном, Норвежском, Гренландском, Баренцовом и Беринговом морях по данным спутниковых датчиков цвета океана. Тринадцатая Всероссийская открытая конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». 2015.
33. Копелевич О.В., Буренков В.И., Вазюля С.В., Шеберстов С.В. Проблемы индикации кокколитофоридных цветений по спутниковым данным. Девятая открытая Всероссийская конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». 2011-а.
34. Буренков В.И., Копелевич О.В., Шеберстов С.В., Вазюля С.В., Паутова Л.А., Силкин В.А. Выделение доминирующих видов фитопланктона в северо-восточной части Черного моря в июне по данным дистанционного зондирования. Тринадцатая Всероссийская открытая конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». 2015.
35. Копелевич О.В., Буренков В.И., Вазюля С.В., Шеберстов С.В., Кравчишина М.Д., Паутова Л.А., Силкин В.А., Артемьев В.А., Григорьев А.В. Новый алгоритм для количественной оценки кокколитофоридных цветений в Черном море по данным спутниковых сканеров цвета. Десятая Всероссийская открытая конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». 2012.
36. Качур В.А., Алексанин А.И. Проблемы определения видового состава фитопланктона по спутниковым данным. Четырнадцатая открытая Всероссийская конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». 2016.
37. Скворцов Р.И., Раев М.Д., Силкин В.А. Влияние видового состава фитопланктона на динамику развития биогенных пленок. Одиннадцатая Всероссийская открытая конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». 2013.
38. Цыпышева И.Л.. Крупнова Т.Л. Возможности спутникового дистанционного зондирования для характеристики условий обитания бурых водорослей. Восьмая Всероссийская открытая конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». 2010.
39. Карабашев Г.С., Евдошенко М.А. Коротковолновые минимумы коэффициентов яркости водной поверхности как спутниковый показатель цветений Nodularia spumigena на юге Каспийского моря. Четырнадцатая открытая Всероссийская конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». 2016.
40. Копелевич О.В., Салинг И.В., Шеберстов С.В., Карали П.Г., Григорьев А.В., Храпко А.Н. Коколитофоридное цветение 2016 г. в Баренцевом море по данным спутниковых сканеров цвета. Четырнадцатая открытая Всероссийская конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». 2016-а.
41. Карабашев Г.С., Евдошенко М.А. Спектрально-яркостные различия цветений кокколитофорид и сине-зеленых водорослей по данным сканера MODIS-Aqua. Двенадцатая Всероссийская открытая конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». 2014.
42. Копелевич О.В., Шеберстов С.В., Вазюля С.В. Межгодовые изменения характеристик кокколитофоридных цветений в Баренцевом море по данным спутниковых сканеров цвета. Одиннадцатая Всероссийская открытая конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». 2013.

43. Петренко Д.А., Заболотских Е.В., Поздняков Д.В., Сычев В.И., Карлин А.Н. Количественная оценка годового продуцирования кокколитофорами взвешенного неорганического углерода в арктическом океане и его многолетней динамики (2002–2010) по спутниковым синергетическим данным в видимом, инфракрасном и микроволновом диапазонах. Девятая открытая Всероссийская конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». 2011.
44. Ермаков С.А., Капустин И.А., Лазарева Т.Н., Сергиевская И.А. О возможностях радиолокационного зондирования зон эвтрофикации водоемов. Восьмая открытая Всероссийская конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». 2010.
45. Скворцов Р.И., Раев М.Д., Силкин В.А. Радиофизические дистанционные наблюдения эволюции пленки фитопланктона, образованной потоком всплывающих газовых пузырьков. Седьмая Всероссийская открытая конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». 2009.
46. Ермаков С.А., Капустин И.А., Сергиевская И.А., Шомина О.В., Лазарева Т.Н., да Сильва Ж. Дистанционное зондирование зон цветения фитопланктона. Подспутниковые эксперименты. Одиннадцатая Всероссийская открытая конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». 2013.
47. Андреева З.В. Использование спутниковых оптических и радиолокационных данных для изучения антропогенного эвтрофирования морских акваторий. Двенадцатая Всероссийская открытая конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». 2014.
48. Сергиевская И.А., Ермаков С.А., Щегольков Ю.Б. Влияние пленок поверхностно-активных веществ на контраст радиолокационного изображения длинных поверхностных и внутренних волн. Одиннадцатая Всероссийская открытая конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». 2013.
49. Мясоедов А.Г, Кудрявцев В.Н., Шапрон Б.. Оценки контрастов нефтяных сликов по РСА и оптическим изображениям в области солнечного блика. Девятая открытая Всероссийская конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». 2011.
50. Мясоедов А.Г, Кудрявцев В.Н., Шапрон Б. Идентификации загрязнений на поверхности Океана по РСА и оптическим изображениям в области солнечного блика. Тринадцатая Всероссийская открытая конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». 2015.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЗАРУБЕЖНЫХ СПУТНИКОВ ДЗЗ СВЕРХВЫСОКОГО ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАЗРЕШЕНИЯ

Алексей Кучейко

ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ДИРЕКТОР
ООО «РИСКСАТ»
ALEXINDIA@MAIL.RU

Самый популярный вопрос по теме спутниковой съемки Земли из космоса связан с достигнутой предельной величиной пространственного разрешения. Традиционно пространственное разрешение космических аппаратов (КА) видовой разведки считается особо охраняемым государственным секретом, но широко рекламируется в случае гражданских (государственных, коммерческих и частно-государственных) систем ДЗЗ.

В статье рассматриваются перспективы развития зарубежных гражданских систем дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) с оптоэлектронными системами (ОЭС) сверхвысокого пространственного разрешения (СВР) на 2021–2023 гг. Под разрешением в статье понимается размер стороны проекции пикселя на Земле, который в описании гражданских ОЭС ДЗЗ обычно обозначается как Ground Sampled Distance (GSD). К системам СВР отнесены КА с ОЭС, обеспечивающими съемку с пространственным разрешением ≤0,5 м (или м/пиксель).

Анализ открытых источников показывает, что в ближайшие 3–5 лет лидерами в области систем ДЗЗ сверхвысокого пространственного разрешения с ОЭС будут семь зарубежных государств (без учета РФ): США, Франция, Китай, Израиль, Япония, Индия, Корея. Перечисленные страны уже являются операторами национальных многоспутниковых систем видовой космической разведки собственной разработки с пространственным разрешением менее 0,5 м/пикс. Они же и будут основными конкурентами в ближайшие пять лет на рынке данных ДЗЗ сверхвысокого разрешения. Высоким потенциалом, кото-

Рис. 1. Перспективный КА LEGION. DigitalGlobe, 2018

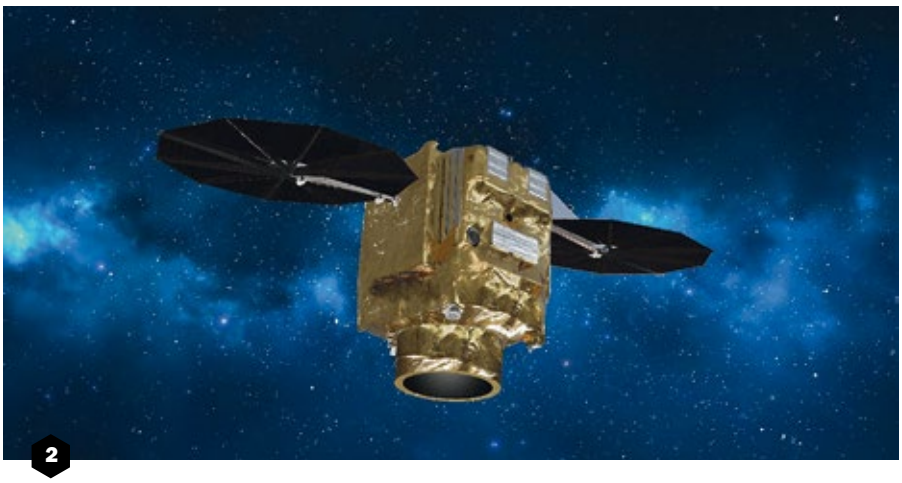


Рис. 2. Перспективный КА Pleiades Neo с разрешением 0,3 м планируется запустить в 2020 г. Airbus DS, 2018

рый пока не полностью реализован в действующих космических системах, обладают также компании Канады, Британии, Германии и Италии. Сведения о ведущих странах — операторах КА с ОЭС сверхвысокого разрешения приведены в таблице 1.

Пять из перечисленных семи стран уже сегодня являются операторами 13 КА систем ДЗЗ, которые поставляют на рынок данные ДЗЗ с разрешением GSD от 0,3 до 0,5 м/пикс, в том числе США (5 КА WorldView-1, -2, -3, -4 и GeoEye-1, запущены в 2007–2016 гг.), Франция (2 КА Pleiades-1A/B, 2011 и 2012 гг.), Китай (4 КА GaoJing, 2016 и 2017 гг.), Корея (Kompsat-3A, создан при содействии ЕС, 2015 г.), Япония (ASNARO, 2014 г.). Краткие сведения о спутниках приведены в таблице 2.

Не менее пяти из перечисленных стран и Канада уже объявили о планах создания новых систем ДЗЗ с оптоэлектронными системами с GSD от 0,28 м до 0,5 м, среди них — США (WorldView-Legion), Израиль (EROS-C), Китай (GaoJing), Индия (Cartosat-3), Франция (Pleiades Neo) и Канада (OptiSAR), краткие сведения о перспективных спутниках ДЗЗ с GSD ≤0,5 м приведены в таблице 3.

Табл. 1. Страны-операторы систем ДЗЗ и видовой космической разведки с ОЭС СВР

Государство	*Основные компании-разработчики КА и ОЭС СВР*	*Наименование КА ДЗЗ гражданских, коммерческих и двойного назначения*	*Наименование КА ВКР и двойного назначения*
США	Lockheed-Martin, Ball Aerospace, Harris, Raytheon и др.	WorldView-1, -2, -3, -4 LEGION 1…6 (план, 2021) WorldView-150 1...2 (план)	КА серии KeyHole-11 и др.
Франция	Airbus DS, Thales Alenia Space	Pleiades-1A/B Pleiades Neo (план)	Helios-2A/B, CSO-1, -2, -3 (план)
Китай	DFH/CAST	GaoJing-1…-4 (до 16) GaoJing-next (план) GaoFen-8/-9/-11	КА серии Яогань
Япония	MELCO, NEC	ASNARO-1	КА серии IGS-O
Корея	KARI, Satrec Initiative	KompSat-3A KompSat-7 (план) CAS500-1 (план)	KompSat-3A
Индия	ISRO	Cartosat-2 Cartosat-3 (план, 2018)	КА серии Cartosat-2
Израиль	IAI	EROS-C (план, 2019)	КА серии Ofeq

Табл. 2. Сведения о действующих КА СВР коммерческих, гражданских и двойного назначения систем ДЗЗ, поставляющих на рынок данные ДЗЗ с GSD от 0,3 м до 0,5 м

Наименование КА	*Государство/ оператор*	*Пространственное разрешение GSD*	*Год запуска, срок активного существования*	*Примечания*
GaoJing-1, -2, -3, -4	Китай/Space View Technology	0,5 м	28.12.2017 09.01.2018 САС 8 лет	*Масса 560 кг, фокус F=10 м, гиродины CMG, высота орбиты 530 км, 700 тыс. км²/сутки*
Kompsat-3A	Корея/SatrecI SIIS	0,55 м (0,4 м после ресемплинга) 2,2 м МС 5,5 м СВ ИК (SWIR)	25.03.2015 САС 4…7 лет	*Масса 1 100 кг, апертура 0,8 м, фокус F = 8,6 м, высота орбиты 528 км*
ASNARO-1	Япония/PASCO	0,5 м ПАН 2 м МС (6)	06.11.2014 САС 3–5 лет	*Масса 500 кг, высота орбиты 504 км*
WorldView-1	США/DG	0,50 м ПАН	18.09.2007 САС 13 лет	*Масса 2 500 кг, апертура 0,6 м, высота орбиты 496 км, 750 тыс. км²/сутки*
GeoEye-1	США/DG	0,41 м ПАН 1,64 м МС (4)	06.09.2008 САС 7–10 лет	*Масса 1 955 кг, апертура 1,1 м, f/12, высота орбиты 681 км, 350 тыс. км²/сутки*
WorldView-2	США/DG	0,46 м ПАН 1,84 м МС (8)	08.10.2009 САС 7–13 лет	*Масса 2 800 кг, апертура 1,1 м, F=13,3 м, высота орбиты 770 км, CMG, 975 тыс. км²/сутки*
WorldView-3	США/DG	0,31 м ПАН 1,24 м МС (8) 3,7 м СВИК SWIR (8) 30 м CAVIS (12)	13.08.2014 САС 7–12 лет	*Масса 2 812 кг, апертура 1,1 м, высота орбиты 617 км, CMG (GSD 0,25 м на высоте 500 км), 680 тыс. км²/сутки*
WorldView-4	США/DG	0,31 м ПАН 1,24 м МС (4)	11.11.2016 САС 7–12 лет	*Масса 2 600 кг, апертура 1,1 м, высота орбиты 617 км, CMG, 680 тыс. км²/сутки*

Табл. 3. Заявленные перспективные КА с ОЭС СВР коммерческих, гражданских и двойного назначения систем ДЗЗ

Наименование (число) КА	*Государство/ оператор*	*Пространственное разрешение GSD*	*Заявленный год запуска*	*Примечания*
WorldView Legion (6 КА)	США/Maxar Technologies	0,3 м ПАН	2021	*6 КА для замены КА WV-1, -2, GeoEye-1*
WorldView-150 (1-2 КА)	США/Maxar Technologies	~0,3 м (оценка — до 0,15–0,2 м)	2025–2026	*Проект объявлен в конце 2017 г. для замены КА WV-3, -4*
Pleiades NEO -1 …-4	Франция/ Airbus DS	0,3 м	2020	*Передача данных через КА-ретранслятор на ГСО*
EROS-C	Израиль/ ImageSat Int.	0,4 м ПАН 0,8 м МС (4)	2019 САС 11 лет	*Масса 350 кг, апертура 0,7 м, f/22,3, высота орбиты 500 км*
Cartosat-3 (3,-3A, -3B)	Индия/ISRO	0,28 м ПАН 1,1 м МС (4)	2018–2020	*Масса 1 500 кг, апертура 1,2 м, CMG, высота орбиты 505 км*
OptiSAR (8 КА с ОЭС + 8 КА с РСА)	Канада/UrtheCast	0,5 м ПАН, МС, видео	с 2021	*Масса 700 кг, апертура 0,56 м, высота 450 км*
GaoJing SuperView Гаоцзин (16 КА)	Китай/ Siwei Star Co. Ltd	~0,3 м ПАН	с 2016 до 2022	*Масса 560 кг, 16 КА (0,5 м) + 4 КА (~0,3 м) + 4 КА с РСА и др. CMG*
CAS500-1, -2	Корея/KARI, SIIS	<0,5 м ПАН, 2 м МС (4)	2019, 2020 САС 4 года	*Масса 500 кг, высота орбиты 500 км*
KompSat-7	Корея/KARI, SIIS	0,3 м ПАН, 1,2 м МС, 4 м ИК	с 2021 САС 5 лет	*Замена KompSat-3A*

ПАН — панхроматический канал съемки,
МС — мультиспектральный канал съемки.

США

Безусловным лидером на рынке является компания DigitalGlobe (DG, ныне — Maxar Technology, США и Канада) с пятью спутниками с самым высоким пространственным разрешением (GSD до 0,3 м) и самой высокой производительностью среди всех других КА аналогичного класса (680-975 тыс. км^2/сутки). Основным недостатком современных американских КА СВР является их рекордно высокая стоимость, доходящая до 835 млн долларов США. Компания Maxar анонсировала новые проекты Legion, Scout и WorldView-150.

В 2021 г. компания планирует вывести на солнечно-синхронные и наклонные орбиты шесть новых КА Legion-1 с GSD до 0,3 для замены трех КА WV-1, -2 и GeoEye-1. Новые спутники Legion-1 являются бюджетными вариантами предшественников (общая сумма инвестиций составит ~600 млн долларов США), а основным преимуществом проекта является высокая частота обзора в течение суток (в период с 7 до 17 часов по местному времени). По оценкам, шесть спутников будут выведены на орбиты в результате двух групповых стартов носителей Space-X.

В дальнейшем в 2025–2026 г. компания может запустить еще КА Legion-2 (сумма инвестиций до $500 млн.). Возможно, речь идет о двух КА суперкласса WorldView-150 с апертурой диаметром 1,5 м для замены КА WV-3, -4. Точное разрешение спутников WorldView-150 пока не анонсировано, но величина GSD может быть доведена до 0,15–0,20 м/пикс, для чего компания Maxar добивается ослабления лицензионных ограничений.

В соответствии с тенденциями последних лет система КА СВР будет дополнена группировкой из шести миниспутников Scout с GSD 0,8 м, которые разрабатываются совместно, а точнее за счет финансовых средств Саудовской Аравии. В результате численность группировки КА СВР увеличится с 5 до 8–10 КА СВР и будет дополнена системой КА субметрового разрешения, а слияние с канадской компанией MDA позволит добавить в линейку оптических спутников радарную компоненту из КА RADARSAT-2.

В перспективе можно ожидать, что компания Maxar сохранит лидирующее положение на мировом рынке в ближайшие 3–5 лет, чему способствуют самая многочисленная группировка КА СВР, наличие готовой инфраструктуры наземных станций оперативного приема, размещенных на юге континентов Евразии и Африки (операторы — норвежская компания KSAT и страны-владельцы станций прямого приема), а также готовых технических решений по реализации КА ДЗЗ с GSD до 0,15–0,2 м/пикс за счет имеющихся оборонных наработок. Конкурентные преимущества группировок Maxar — самое высокое пространственное и спектральное разрешение, высокая координатная точность и высокая частота повторной съемки.

ФРАНЦИЯ

Французская компания Airbus DS с двумя КА Pleiades двойного назначения сегодня занимает на рынке второе место вслед за Maxar (США). В сентябре 2017 г. компания анонсировала перспективную четырехспутниковую систему ДЗЗ, получившую наименование Pleiades Neo. Проектируемая система Pleiades Neo будет обеспечивать съемку с GSD 0,3 м/пикс (о применении ресэмплинга в открытых ресурсах не говорится) с суточной производительностью до 500 км^2/сутки/КА. Для оперативной передачи информации спутники будут оснащены терминалами лазерной связи через европейский КА-ретранслятор EDRS на геостационарной орбите (скорость передачи данных — до 1,8 Гбит/с), а также терминалами радиосвязи в Ка-диапазоне частот. В некоторых источниках сообщается о применении в составе ОЭС деформируемых зеркал компании CILAS. Французский оператор будет бороться за сохранение второй позиции на рынке после системы США, опережая возможности систем СВР других стран. Ожидается, что конкурентным преимуществом Pleiades Neo станет самая высокая оперативность выполнения заказов благодаря наличию системы межспутниковой связи.

КИТАЙ

Китай относительно недавно вышел на рынок данных ДЗЗ, но претендует на третью позицию на рынке данных ДЗЗ. Уже сегодня Пекин эксплуатирует несколько многоспутниковых систем ДЗЗ с разными формами финансирования: государственную систему из КА GaoFen-8/-9/-11 (Гаофэнь), созданных на базе военных КА видовой разведки серии Yaogan (Яогань), коммерческие системы GaoJing (ГаоЦзин), Jilin (Цзилинь), находящиеся на стадии развертывания, и др. По оценкам, запущенный 31.07.2018 спутник Гаофэнь-11 оснащен самым крупногабаритным среди гражданских КА телескопом диаметром 1,7 м, что в сочетании с необычной полярной эллиптической орбитой высотой 247/693 км обеспечивает съемку с расчетным разрешением GSD 0,08…0,20 м/пиксель на разных участках орбиты. Изображения КА GF-11 пока не опубликованы.

Система ДЗЗ GaoJing/SuperView (оператор — компания Beijing Space View с госучастием) осуществила запуск четырех КА GaoJing в 2016 и 2018 гг. По плану после полного развертывания в 2022 г. в составе системы будут 24 КА, в том числе 16 КА с ОЭС (GSD ~0,5 м), четыре КА с ОЭС (GSD ~0,3 м) и четыре КА с РСА X-диапазона. Точные параметры пространственного разрешения ОЭС СВР пока не анонсированы. Учитывая наличие финансовых ресурсов, налаженную систему копирования передовых технологий, сравнительно невысокие цены на продукты ДЗЗ, Пекин имеет возможность потеснить многих участников мирового рынка и через несколько лет составить конкуренцию Франции.

ИНДИЯ

Индия, начиная с 2016 г., реализует амбициозную программу обновления и наращивания национальной системы ДЗЗ двойного назначения. Организация ISRO еще с 2013 г. разрабатывает перспективный КА Cartosat-3 с новой ОЭС с апертурой диаметром 1,2 м, которая должна обеспечить съемку с рекордным для Индии пространственным разрешением 0,28 м в панхроматическом режиме и 1,14 м в четырех стандартных спектральных зонах с орбиты высотой 505 км. Спутник планируется изготовить на базе новой среднеразмерной платформы массой 1 500 кг. Первый из трех серийных КА Cartosat-3 будет готов к запуску в конце 2018 г. Таким образом, в 2020 г. Индия может развернуть на орбите систему двойного назначения из семи КА, в том числе трех КА Cartosat-3 с GSD 0,28 м и четырех КА Cartosat-2C/-2D/-2E/-2F с GSD до 0,6 м.

В проекте Cartosat-3 впервые в индийской практике планируется использовать гиродины с управляемым моментом (Control Momentum Gyros, CMG), что в сочетании с многочисленной группировкой из семи КА позволит добиться высокой производительности. Аналогичные гиродины CMG используются на борту КА СВР США, Франции и Израиля. Для задач оперативной съемки метрового разрешения в 2019 г. будет запущена система из трех миниспутников (в одном групповом запуске) HRSAT-1.

ИЗРАИЛЬ

Израиль планирует в 2019 г. запустить давно анонсированный коммерческий КА EROS-C с GSD 0,4 м для национальной компании-оператора ImageSat Int. Спутник массой 370 кг с космической платформой OptSat-3000 разработан концерном Israel Aircraft Industries (IAI) на базе собственных и американских технологий, которые прошли отработку на борту успешных израильских военных КА серии OFEQ и коммерческого КА EROS-B. Первый аппарат OptSat-3000 с новой ОЭС Jupiter был запущен 13 сентября 2016 г. как спутник видовой разведки OFEQ-11. По расчетам, он может вести съемку с GSD 0,25 м с перигейных участков высотой 300 км рабочей эллиптической орбиты. Второй КА на базе платформы OptSat-3000 был изготовлен в интересах минобороны Италии по контракту стоимостью 182 млн долларов США и был выведен на орбиту в 2017 г.

Израильская компания ImageSat Int. — оператор КА серии EROS — не стремится конкурировать с США и Францией и не претендует на значительную долю мирового рынка из-за ограниченных целей и ресурсов. Тем не менее компания успешно работает на рынках стран Азии, Африки и Южной Америки, которые не обладают собственными системами видовой разведки или стремятся нарастить их возможности. Компания ImageSat Int. поставляет клиентам приемные терминалы для КА EROS-B/C и разрабатывает «под ключ» национальные системы ДЗЗ и видовой разведки на базе платформы OptSat-3000.

КАНАДА

Канада демонстрирует высокую динамику развития космических группировок ДЗЗ: кроме объявленного слияния компаний MDA, SSL и DG в Канаде успешно развивается на основе венчурного финансирования компания UrtheCast, которая установила две ОЭС на борту МКС и приобрела два испанских спутника: Deimos-1 и -2. Компания UrtheCast объявила о планах создания системы OptiSAR из 16 спутников (8 ОЭС+8 РСА), где оптическая компонента OptiSAR-Optical будет разработана известной британской компанией SSTL на базе ОЭС с GSD 0,5 м и цветной видеокамерой. Проект OptiSAR, как и другие проекты на основе венчурного финансирования, зависит от рыночной конъюнктуры. Учитывая наблюдаемый бум стартапов ДЗЗ на западных рынках, будущее проекта OptiSAR в условиях конкуренции будет определяться наличием спроса со стороны оборонных и государственных ведомств.

КОРЕЯ

Корея является оператором четырех спутников серии KompSat, к категории СВР относится Kompsat-3A с разрешением 0,55 м (GSD после ресэмплинга до 0,40 м/пикс), разработанный компанией Airbus DS. Анонсирован план запуска в 2019–2020 гг. двухспутниковой системы CAS-1, -2 с GSD 0,5 м. Спутники массой по 500 кг разработаны на базе миниплатформы CAS500 (Compact Advanced Satellite 500) и нацелены на последующие поставки за рубеж. Более совершенный КА двойного назначения KompSat-7 с GSD 0,3 м планируется запустить после 2021 г. для замены КА KompSat-3A. Корейская компания-оператор Satrec Initiative Imaging Services (SIIS) не претендует на ведущие позиции на рынке данных ДЗЗ, но благодаря удачному сочетанию стоимостных и качественных характеристик продуктов ДЗЗ успешно укрепляет свои позиции на мировом рынке данных ДЗЗ.

Рис. 3. КА Gaojing-1 (SuperView-1) с разрешением 0,5 м. SpaceView, 2017

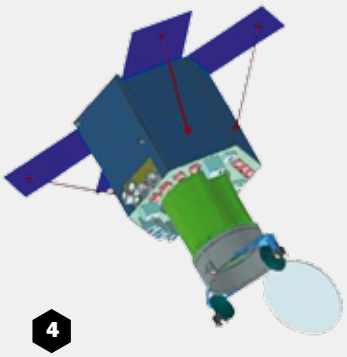


Рис. 4. Перспективный КА Cartosat-3 с разрешением 0,28 м. ISRO, 2018

Рис. 5. Перспективный КА EROS-C с разрешением 0,4 м. IAI, 2018

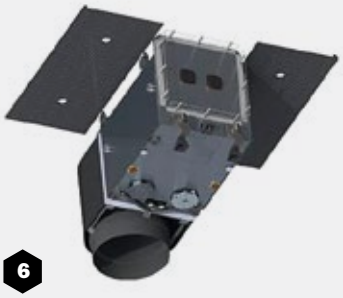


Рис. 6. Перспективный КА OptiSAR-Optical с разрешением 0,5 м. UrheCast, 2017

Япония и другие страны пока не анонсировали проекты национальных систем ДЗЗ рассматриваемого класса, но могут создать до 2020 г. отдельные спутники или системы КА ДЗЗ мини- и микрокласса, которые позволят присутствовать на мировом рынке данных ДЗЗ, но не претендовать на значительную его долю. Япония обладает технологиями разработки конкурентных системы с GSD лучше 0,5 м (проект ASNARO).

Проекты КА ДЗЗ СВР можно условно разделить на «суперкласс» массой 0,7–3 т с ОЭС диаметром 1,1–1,7 м на сравнительно высоких орбитах 600–770 км и «минималистский» вариант КА массой 350–550 кг (EROS-C, GaoJing, OptiSAR и др.) на более низких орбитах высотой 450–500 км. В целях достижения конкурентных преимуществ возможно снижение высоты орбиты КА СВР «суперкласса» до 450-500 км для достижения разрешения GSD ~0,15–0,20 м. Проекты в «минималистском» варианте в связи с их более низкой стоимостью часто финансируются или софинансируются коммерческими компаниями. Общей тенденцией является попытка снижения массы КА СВР для возможности обеспечения их группового запуска по два-три спутника. Целевая аппаратура — ОЭС с длиннофокусными зеркальными и зеркально-линзовыми телескопами с апертурой диаметром 0,8–1,7 м и GSD ~0,3 м. Широко применяются облегченные зеркала, в неофициальных источниках по программам ДЗЗ Франции и Индии говорится о планах применения деформируемых зеркал, иногда называемых адаптивной оптикой.

Производительность съемочной аппаратуры у заявленных проектов составит 500–700 тыс. км^2/сутки. Перспективные спутники ведущих игроков рынка будут оснащаться гиродинами с управляемым моментом CMG для быстрого перенацеливания КА, что обеспечит возможность съемки площадок из 5–8 примыкающих полос (сканов) за один пролет. Ожидается широкое внедрение технологий для передачи данных целевой аппаратуры по оптическим каналам и радиолиниям в Ка-диапазоне частот в связи с ограниченной полосой частот в используемом ныне диапазоне X. Средний срок эксплуатации КА составит от 5–7 до 10–13 лет.

В странах-лидерах рынка ДЗЗ группировки СВР из 4…6 КА суперкласса с GSD до 0,3 м дополнены многоспутниковыми системами из 6…16 миниспутников с GSD 0,5 м …1 м и высокой частотой повторной съемки, в том числе в режиме HD-видео. Первой подобной системой, задавшей стандарт, стала группировка миниКА SkySat (США, оператор — компания Planet). Не менее 6 стран анонсировали планы создания семи группировок, Китай начал запуски двух систем.

Заключение

Сегмент рынка данных ДЗЗ сверхвысокого пространственного разрешения продолжает развиваться, являясь технологическим локомотивом отрасли ДЗЗ, Семь ведущих стран рынка данных СВР в ближайшие 3–5 лет обновят национальные системы. Заявленные ОЭС будут иметь разрешение 0,28–0,3 м, лидирующие позиции на рынке данных СВР занимают компании-операторы США, Франции и Китая.

Перспективные системы высокодетального наблюдения стран-лидеров рынка ДЗЗ будут состоять из КА нескольких классов, в их числе: многоспутниковая система мало-

размерных КА с GSD ≤1 м, которые для съемки с высокой частотой повторения (от 5–10 и выше раз в сутки); система из небольшого числа (3–4) КА массой 500–2 500 кг с GSD 0,25–0,4 м; и система из КА с РСА с GSD ≤1 м. ¶

Электронные ресурсы

1. Guner's Space Page: http://space.skyrocket.de/index.html
2. Satellite Missions DataBase: https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions
3. Веб-сайт компании MAXAR Technology: https://www.digitalglobe.com/
4. Maxar Technologies. Events and Presentations: http://investor.maxar.com/events-and-presentations/default.aspx
5. DigitalGlobe reveals plans for WorldView Legion; to be made by MDA's SSL: https://www.geospatialworld.net/blogs/digitalglobe-reveals-plans-for-worldview-legion/
6. Airbus DS: https://www.intelligence-airbusds.com/
7. ImageSat Int. https://www.imagesatintl.com/eros-sat/
8. OptSat-3000: https://www.airforce-technology.com/projects/optsat-3000-earth-observation-satellite/
9. KARI: https://www.kari.re.kr/eng/sub03_02_01.do

«МУЛЬТИСКАН» СОЗДАЕТ «ЦИФРОВОЙ ГЛОБУС»

Константин Козаченко

РУКОВОДИТЕЛЬ ПРОЕКТОВ
ГК «СКАНЭКС»

Марина Раскладкина

ВЕДУЩИЙ СПЕЦИАЛИСТ ОТДЕЛА
ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОЕКТОВ
ИТЦ «СКАНЭКС»

В рамках реализации дорожной карты AeroNet Национальной технологической инициативы компания «МультиСкан», дочерняя структура ГК «СКАНЭКС», разработает интерактивную 3D-модель земного шара, предназначенную для использования в образовательном процессе. Компания стала победителем конкурса «Развитие-НТИ», организатором которого является Фонд содействия инновациям. Разработчики представили на конкурс проект по созданию интерактивной 3D-модели земного шара с функциями интеграции геоданных, предназначенной для решения научно-практических и образовательных задач. Сумма гранта составила 10 миллионов рублей.

Идея разработки: образовательные потребности

Необходимо отметить, что все идеи разработок ГК «СКАНЭКС», относящиеся к образовательному сегменту, не возникают на пустом месте, а обусловлены реальными потребностями тех, кто учится, и тех, кто учит. А также тех, кто ожидает, что в ближайшее время в его бизнес придут молодые эрудированные профессиональные сотрудники. Таким образом, актуальность этого проекта обусловлена рядом причин.

Во-первых, в последние годы область применения геопространственных данных расширилась кардинально. Геоинформационные технологии дают колоссальные возможности для исследования процессов, происходящих на планете, для решения проблем комплексного изучения, освоения и рационального использования природных ресурсов. С помощью снимков Земли из космоса можно осуществлять мониторинг состояния природных объектов (например, реки, горные системы, моря и водохранилища), природных зон, динамику природных процессов: изменение метеорологической обстановки, развитие крупных лесных пожаров, изменение ледовой обстановки, смену времен года и др.

Сфера использования результатов космической деятельности из узкоспециализированной превращается в массовую, она все увереннее завоевывает свое важное место в образовательном процессе.

Аэрокосмическое образование в России стремительно развивается. В процесс образования вовлекаются как государственные, так и негосударственные учреждения, организации и компании. Одной из важнейших задач государственной политики РФ в области использова-

ния результатов космической деятельности является «формирование целостной образовательной системы в области использования результатов космической деятельности с участием высших, средних и специальных образовательных учреждений, в том числе с использованием центров компетенции в сфере использования результатов космической деятельности».

На практике мы сталкиваемся с тем, что одной из главных проблем современного образования является отсутствие преемственности (непрерывность) при изучении естественных наук. Хорошие результаты, показанные учащимися по окончании начальной школы, резко падают к окончанию средней школы. Сложившаяся ситуация демонстрирует важность перестройки содержания естественнонаучного образования, ориентацию на необходимость уже в рамках начальной школы закладывать основы естественнонаучной грамотности, следуя принципам непрерывности и преемственности образования.

Исследуя рынок потенциальных потребителей, мы пришли к выводу, что учреждения среднего и дополнительного образования нуждаются в техническом и методическом подкреплении учебного процесса в преподавании наук о Земле. Это обосновано, во-первых, сложностью и дороговизной существующих решений для пользователей. Существующие решения в области обработки данных ДЗЗ нацелены в первую очередь на тех, кто занимается профессиональной обработкой данных, предлагая остальным категориям пользователей очень дорогостоящие решения (либо в виде капитальных вложений, либо по стоимости владения). Свободное ПО также имеет ограничения. Таким образом, потребители нуждаются в простом функциональном доступном инструменте для работы с уже обработанными геопространственными данными.

Во-вторых, налицо нехватка качественных учебно-методических комплексов и пособий, основанных на применении новых форм и методов изложения материала.

Использование «Цифрового глобуса» в образовательных и научно-практических целях позволит повысить качество обучения, качество восприятия материала за счет наглядного представления геопространственной информации.

Немаловажен тот факт, что для пользователей «Цифрового глобуса» будет разработано проектно-ориентированное учебно-методическое пособие и создан демонстрационный тематический 3D геопортал.

В геопортал будут интегрированы уникальные наборы разновременных космических снимков для обучения разновозрастных групп учащихся и выполнения ими творческих и исследовательских проектов. Среди них — фрагменты данных дистанционного зондирования Земли (Landsat, Spot 2/4, Spot 5) от среднего до высокого разрешения, демонстрирующих основные природные и техногенные объекты и явления на различных территориях (общий объем данных — не менее 2 млн кв. км).

Данное техническое решение способно обеспечивать реализацию одного из условий новой образовательной программы в российской школе: использование в образовательном процессе современных технологий деятельностного типа. А разработанная уникальная проектно-ориентированная методика позволит учащимся (школьникам, студентам, слушателям курсов повышения квалификации) в игровой форме осваивать самые современные формы, методы анализа и применения пространственных данных.

Для работы над методической частью проекта привлечены специалисты Московского государственного университета геодезии и картографии (МИИГАиК) и ООО «Цифровая земля», с которыми у ГК «СКАНЭКС» сложились давние успешные производственные отношения.

Все компоненты — методическое пособие и геопортал на базе ПО «Цифровой глобус» — составляют методический комплекс для обучения в области геоинформатики.

Таким образом, будет создан комплексный продукт, демонстрирующий возможности использования современных космических и геоинформационных технологий. Он ориентирован преимущественно на рынок образовательных услуг, в том числе на оснащение лабораторий в вузах и школах; может быть использован для работы тематических проектных смен в образовательных центрах; для демонстрации на обучающих стендах; как инструмент для эффективного освоения навыков работы с пространственной информацией разного типа. Таким образом, проект вносит свой вклад в процесс формирования квалифицированных кадров, обладающих специальными компетенциями для использования данных ДЗЗ, создания механизмов эффективного управления производственными процессами и решения задач рынков AeroNet.

Мировые аналоги и конкурентные преимущества

Для выбора технического решения были детально проанализированы мировые аналоги/конкуренты в предметной области: EarthBrowser, NASA World Wind Explorer, Google Earth, CitySurf, SkyLine Globe, ArcGIS, Planetary.js. Для понимания того, в каком «поле» ведется работа, приведем некоторые данные.

- **EarthBrowser.** Содержит широкий набор отображаемых данных: текущая метеобстановка и прогноз на 7 дней; землетрясения, пожары, вулканическая активность, карты OSM, данные веб-камер со всего мира и многое другое, имеет версии для ПК, iOS и Android, обладает возможностью сохранения вида и наложения пользовательских слоев на основе KML.
- **NASA World Wind Explorer.** Построен на технологиях HTML5 и JavaScript, является трехмерной моделью Земли, может быть полностью развернут на стороне пользователя, умеет отображать оперативные данные, поддерживать основные форматы для отображения геоданных (GeoTIFF, KML, WMS и т. д.); у приложения есть возможность расширения плагинами: как пользовательскими, так и предоставляемыми сообществом.
- **Google Earth.** Является одним из лидеров на рынке 3D моделей Земли для отдельных пользователей, содержит широкий набор готовых для отображения данных, есть возможность добавлять свои данные, есть возможность создавать свои наборы данных и передавать их другим, Поддерживает загрузку данных в форматах KML, GPS и 3D моделей COLLADA.

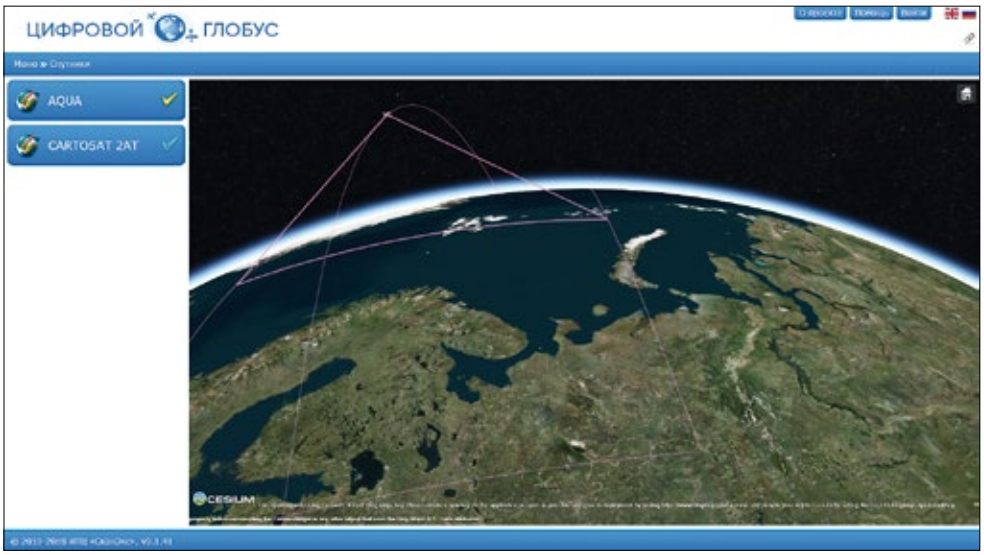
Был сделан вывод, что при всех достоинствах упомянутых разработок в настоящее время на рынке не существует решения, которое соответствовало бы сразу нескольким необходимым критериям:

1. **Решение на веб-платформе, без использования дополнительного ПО на клиентской стороне.** Наличие дополнительных компонентов в виде Java и Flash делает решение зависимым и от разработчиков самих платформ, и от разработчиков веб-браузеров. Одно из последствий такой зависимости можно было наблюдать совсем недавно в противостоянии между разработчиками браузеров и разработчиком платформы Java. Как следствие этого, на текущий момент все решения, использовавшие технологию Java-апплетов, не поддерживаются самим разработчиком платформы. Заложниками ситуации оказались все пользователи этих приложений, которым пришлось понести дополнительные затраты, связанные с переходом на новую платформу.
2. **Решение на веб-платформе как таковое.** То есть не требующие установки дополнительного ПО на клиентские ПК. Разработка различных версий ПО под каждую платформу, существующую на сегодняшний день, ведет к фрагментации решения и, как следствие, к повышению затрат на поддержание актуальности решений. С другой стороны, введение ограничений на список поддерживаемых операционных систем влечет за собой дополнительные требования к пользователям, которые не всегда могут быть ими удовлетворены.
3. **Простое с точки зрения инфраструктуры, необходимой для поддержания данного решения.** При всей своей незаменимости для пользователей, которые занимаются задачами генерации геопродуктов, сложные решения оказываются высокозатратными для пользователей, которым необходима работа с уже подготовленными геопродуктами.
4. **Максимальная поддержка существующих стандартных (де факто) форматов данных для обмена геоинформацией.** На сегодняшний день существует множество открытых источников и платформ для разработки ПО, которые предоставляют геоданные в большом, но ограниченном списке форматов. Отсутствие поддержки формата геоданных ведет к существенному удорожанию внедрения выбранного источника, а порой и вовсе делает невозможным его использование. С другой стороны, поддержка большого количества форматов делает более простым выбор платформы разработки в случае создания потребителем собственных геоданных.
5. **Продукт не должен быть обременен дополнительными лицензионными ограничениями,** что позволяет сократить издержки конечного потребителя на владение конечным продуктом.
6. **Работа с данными пользователя в клиентском ПО без передачи их на серверную сторону.**

Для преодоления сложившейся на рынке ситуации нами было принято решение о разработки продукта на базе CesiumJS. Cesium является 3D моделью Земли, построен на технологиях WebGL, HTML5 и JavaScript, имеет открытое API для использования в других системах, поддерживает большинство существующих векторных форматов геоданных, реализует возможность наложения (через API) различных примитивов: линии, полигоны, надписи и т. д.

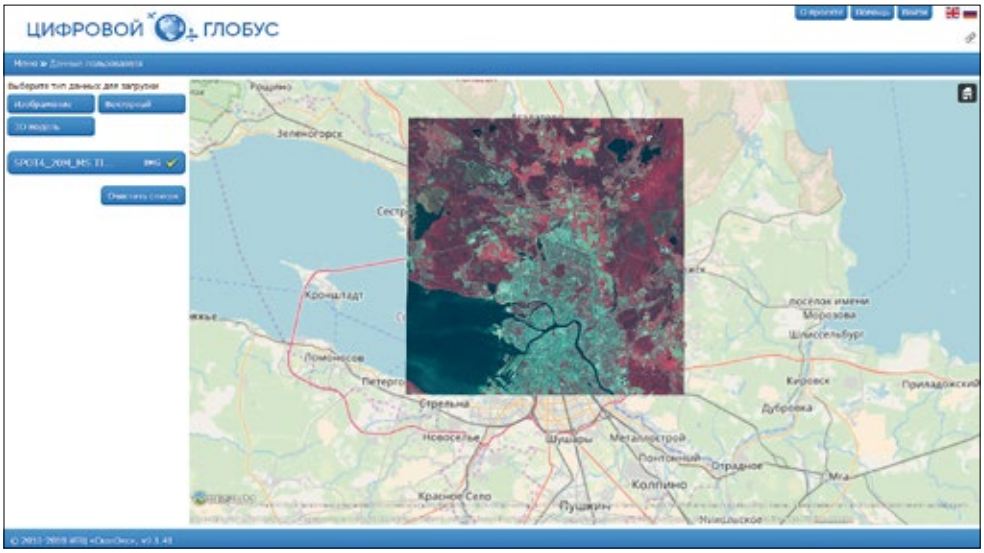
Выбранная платформа соответствует практически всем перечисленным требованиям, отсутствующим у других решений, но имеет свои недостатки, которые планируется преодолеть в рамках разработки продукта:

1. **Отсутствие поддержки формата GeoTIFF** (один из основных форматов для распространения растровых геоданных).
2. **Ограничения, связанные с безопасностью выполнения JavaScript.** Ряд публичных сервисов, предоставляющих геоинформацию, не учитывают требований к безопасности передаваемых данных, с точки зрения использования их в веб-браузерах.
3. **Работа с локальными данными пользователя.**



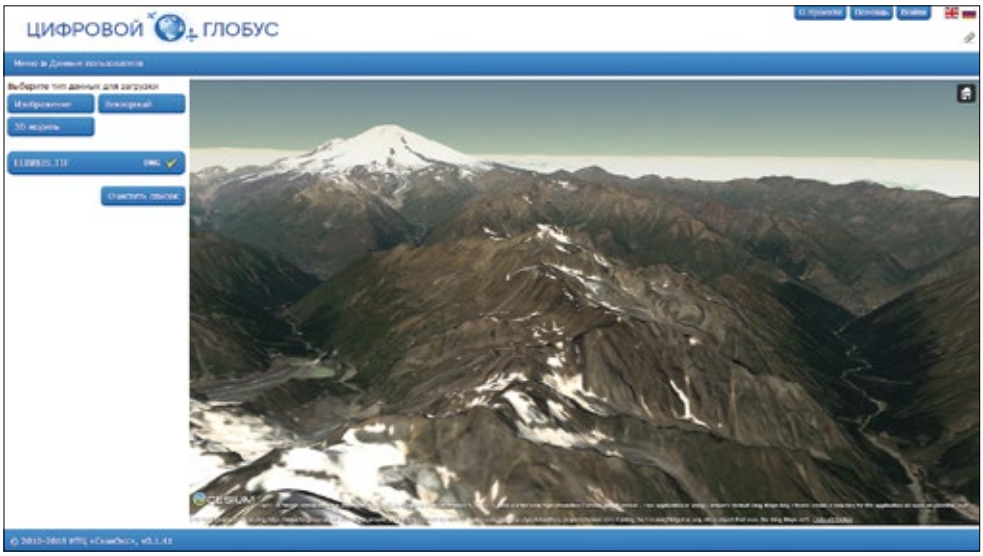
1

Рис. 1. Ширина съемки со спутника Aqua



2

Рис. 2. Загрузка фрагмента космического снимка на подложке карты OSM



3

Рис. 3. Загрузка фрагмента космического снимка и рельефа местности в районе горы Эльбрус

Основные преимущества разрабатываемого продукта по сравнению с аналогичными решениями, существующими на данный момент на рынке, следующие:

1. Продукт построен на веб-технологиях, то есть все изменения становятся доступны пользователям сразу, без необходимости выполнения дополнительных действий для распространения изменений.
2. Используемый стек технологий является активно развивающимся на сегодняшний момент и обеспечивает актуальность решения на ближайшие 5–10 лет.
3. Весь продукт построен на основе открытых решений, что позволит пользователю дорабатывать установленное решение (с точки зрения программного обеспечения) для получения дополнительных преимуществ от его использования.
4. Готовые решения будут содержать в себе функционал по изменению отображаемых наборов данных. Это позволит изменять источники и перечень отображаемых данных (после обучения и/или изучения руководства пользователя) без дополнительной модификации программного обеспечения.
5. Продукт поддерживает основные форматы, используемые в геоинформационных системах и являющиеся стандартом де-факто: WMS, TMS, WMTS, Bing Maps, Mapbox, Google Earth, OpenStreetMap, ArcGIS MapServer, KML, GeoJSON и TopoJSON.
6. Продукт поддерживает возможность отображения 3D-объектов, отображения динамических (меняющихся во времени) данных в оперативном режиме, возможность наложения солнечного света, в том числе с учетом теней от наложенных 3D-объектов.

Что получит пользователь

Разрабатываемый продукт позволит создавать на его основе легко повторяемые решения для визуализации геоинформации. В рамках разворачиваемых решений конечный пользователь получит возможность:

- получать в оперативном режиме информацию о положении космических аппаратов в текущий момент времени на основании орбитальных элементов;
- просматривать разнообразную тематическую информацию, получаемую как из публичных сервисов (NASA, NOAA и им подобные), так и из собственных сервисов, поддерживающих форматы WMS, TMS, WMTS, KML, GeoJSON и TopoJSON. В частности, это могут быть различные метеорологические и климатологические данные, данные о пожарах, данные АИС, данные треков воздушных судов и космических аппаратов; информация о движении воздушных потоков, разнообразные характеристики атмосферы: озон, аэрозоли; и т. д.;
- выполнять геопоиск и выполнять визуализацию по данным публичных сервисов, таких, как Bing Maps, Mapbox, Google Earth, OpenStreetMap;
- публиковать собственные геопространственные данные;
- за счет совмещения различных источников данных (собственные данные и данные внешних сервисов) создавать и публиковать контекстную информацию для «точек интереса»;
- механизм разделения доступа, который позволит создавать различные наборы данных как для собственных сотрудников (в зависимости от роли сотрудников), так и для публичного доступа;
- с использованием цифровых моделей рельефа — получать первичную оценку интересуемой территории (например, возможность использования в сельском хозяйстве или при проведении строительных работ);
- наложение 3D-моделей объектов позволит моделировать ситуацию «в натуре».

В настоящее время выделено более пятидесяти технологических барьеров, которые необходимо преодолеть для реализации дорожной карты «Аэронет» НТИ. Разработка «Цифрового глобуса» позволит преодолеть один из них: 3D-визуализация геоданных, в том числе в WEB.

Существующие на рынке решения визуализации реализованы в виде приложений, которые необходимо устанавливать отдельно на персональный компьютер, что влечет за собой как риски совместимости с используемой операционной системой, так и дополнительные затраты на публикацию и распространение данных для совместной работы. Решения же, которые предлагают реализацию в виде веб-сайта, являются частью более сложных (с точки зрения инфраструктуры) и дорогостоящих в работе решений.

Предлагаемое решение будет являться удобным с точки зрения развертываемости и поддержки, с одной стороны, и максимально простым с точки зрения распространения общих данных, с другой. Оно позволит преодолеть технологический барьер там, где не требуется обработка геоданных, но необходим доступ к ранее обработанным данным. К таким областям можно отнести центры различного мониторинга, в которых основная обработка данных ведется в автоматическом или полуавтоматическом режимах. Они получат решение для визуализации пространственных данных (в т. ч. метеорологические и климатологические данные, данные о пожарах, данные АИС, данные треков воздушных судов и космических аппаратов; информация о движении воздушных потоков, разнообразные характеристики атмосферы и пр.), интегрированное в геопортал и сопровождаемое проектно-ориентированной методикой использования. А при условии успешной разработки и внедрения в целевые группы видится перспективным следующее направление: интеграция продукта с сервисами геопривязки (на данный момент сервисы с геопривязкой не предназначены для визуализации) для оценки геолокации; с сервисами анализа других данных (в различных отраслях народного хозяйства). Тогда рынок может быть расширен, например, для построения решений для ситуационных центров, центров быстрого реагирования ЧС, аэропортовых служб и пр.

Разработку «Цифрового глобуса», а также его геопортальной и методической части планируется завершить в начале 2019 г. ¶

Фонд содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере (Фонд содействия инновациям) — государственная некоммерческая организация в форме федерального государственного бюджетного учреждения, образованная в соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации от 3 февраля 1994 г. № 65.

Основные задачи фонда:

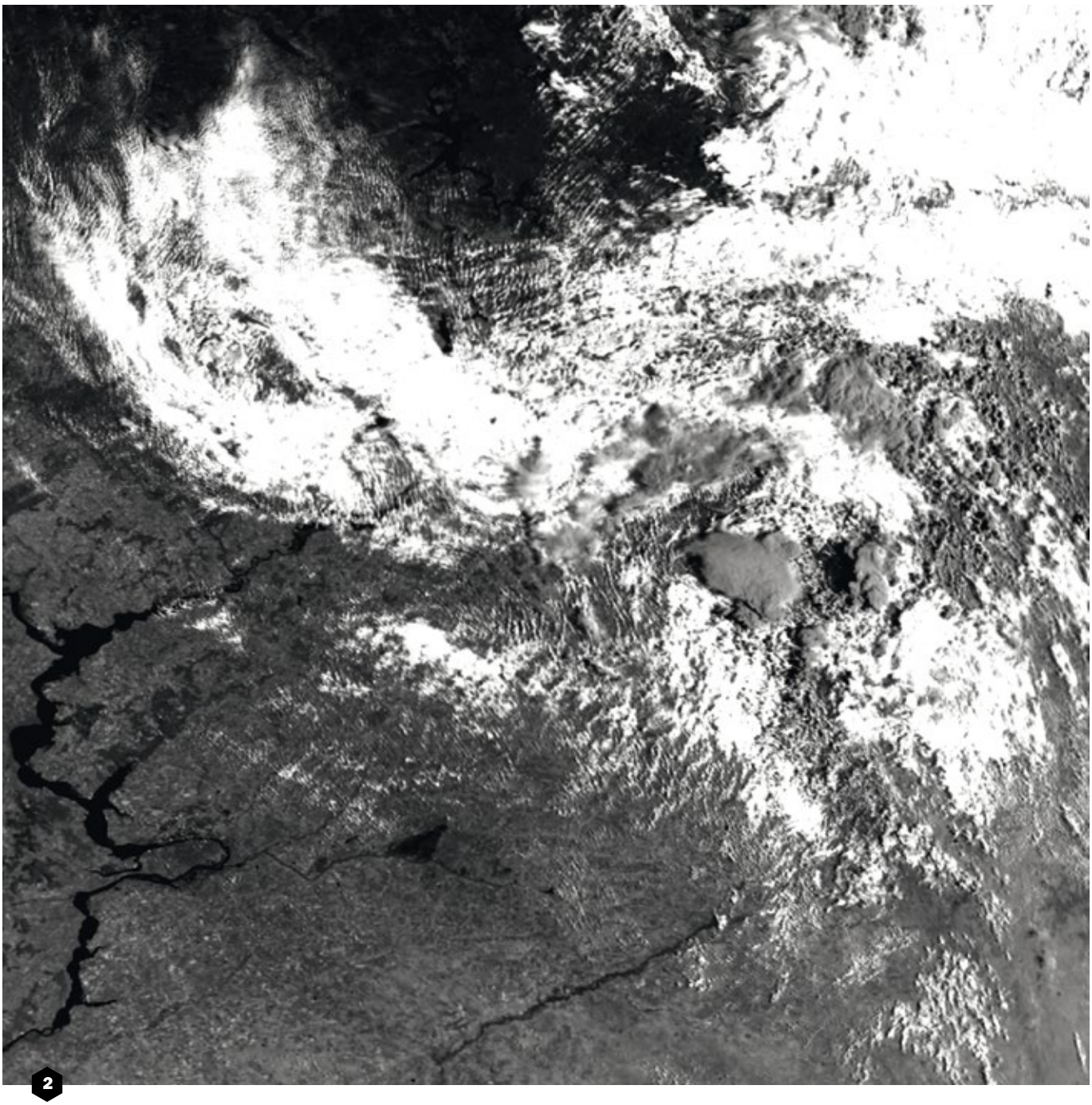
- *Реализация государственной политики развития и поддержки в научно-технической сфере;*
- *Создание и развитие инфраструктуры поддержки;*
- *Содействие созданию новых рабочих мест для эффективного использования научно-технического потенциала РФ;*
- *Финансовая, информационная и другая помощь;*
- *Вовлечение молодежи в инновационную деятельность;*
- *Привлечение внебюджетных инвестиций в сферу малого инновационного предпринимательства.*

ДАННЫЕ С ПОГОДНЫХ СПУТНИКОВ

Рис. 1. Съемка со спутника Suomi NPP, дата съемки — 1 сентября 2013 г. ©NOAA/ NASA Suomi NPP

МУТНОСТЬ ВОДЫ

Коричневый цвет речных и морских вод связан с повышенным содержанием взвешенных частиц, которые попали в реки и море в результате наводнения. По оптическим снимкам также можно определить границу затопления, состояние растительного покрова, наличие или отсутствие снежного покрова в безоблачных условиях. Использование космической информации помогает прогнозировать и отслеживать наводнения и принимать предупредительные меры.



2

Рис. 2. Съемка со спутника FengYun-3A, дата съемки —18 июля 2016 г. FengYun 3A/B/C «NSMC»

АГРЕГАТНОЕ СОСТОЯНИЕ ОБЛАЧНОСТИ

На снимках в диапазоне 1,6 мкм на фоне белых капельных облаков отчетливо выделяются темно-серые облака, в верхней части которых вода находится в твердом состоянии, т.е. присутствуют кристаллы льда. Наличие ледяных кристаллов говорит о значительном вертикальном развитии кучево-дождевой облачности и, следовательно, большей вероятности таких явлений, как ливни, грозы, град и шквалы.

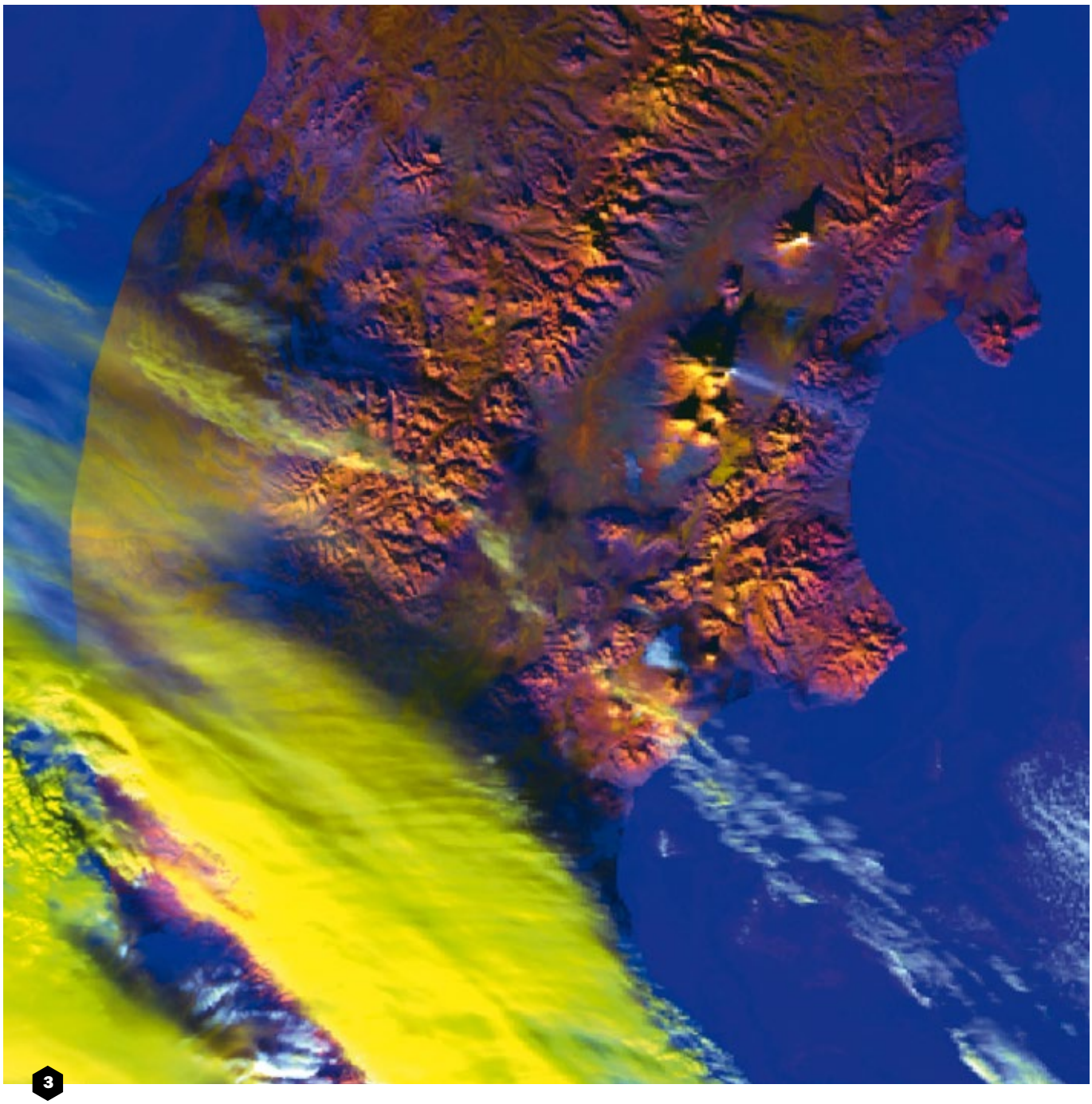


Рис. 3. Съемка со спутника Suomi NPP, дата съемки —11 декабря 2013 г. ©NOAA/ NASA Suomi NPP

ПЕПЕЛЬНЫЙ ШЛЕЙФ

На данном снимке запечатлено распространение шлейфа пепла на восток при извержении вулкана Ключевская сопка. Детектирование шлейфа пепла — крайне важная задача, которая может быть решена с помощью оптических спутниковых данных при благоприятных условиях облачности. Местоположение, скорость и направление распространения шлейфа важны не только для населения, проживающего в непосредственной близости от вулкана, но и для авиатранспорта, т. к. пепел, попадая в двигатели самолетов и вертолетов, может стать причиной аварии.

МОРСКИЕ ВЕСТИ

HTTPS://MARITIME.EARTH/ NEW

МАРТ 2018

Крупнейший в мире дизельный ледокольный флот ФГУП «Росморпорта», в составе которого 36 ледоколов различной мощности, с начала навигации 2017–2018 гг. провел более трех тысяч судов в морских портах России. Больше всего проведенных судов — в Азовском море. С начала зимней навигации их число составило 1 656. Проводку судов в морские порты Азов, Ростов-на-Дону, Таганрог и Ейск осуществляют пять ледоколов и три ледокольных буксира.

■ ■ ■

«Атомфлот» начал работу по обоснованию круглогодичной навигации по всей трассе Северного морского пути. Предприятие заключило соответствующие договоры с финской компанией «Акер Арктик» (Aker Arctic) и с российскими предприятиями: Крыловским ГНЦ и АО «ЦНИИМФ». АО «ЦНИИМФ» будет оказывать услуги в части оптимизации работы судов с разными ледовыми классами, а Крыловский ГНЦ и Aker Arctic — проводить испытания в своих ледовых бассейнах.

■ ■ ■

Правительственная комиссия по транспорту одобрила «дорожные карты» развития до 2020 г. (с возможностью продления до 2030 г.) морских портов Балтийского и Дальневосточного бассейнов, Западной и Восточной Арктики, а также подходов к ним. С учетом баланса и загрузки текущих мощностей, необходимости решения стратегически важной задачи переориентации российских грузопотоков из морских портов сопредельных государств, суммарная потребность в конкурентоспособных мощностях в морских портах Балтийского бассейна и Западной Арктики к 2020 г. в базовом сценарии составит 25,8 млн тонн, в морских портах Дальневосточного бассейна и Восточной Арктики — 44,5 млн тонн.

Минтранс России планирует в 2018 г. создание объединенного ФГБУ «Администрация Северного морского пути», которое будет решать весь спектр задач по обеспечению безопасности мореплавания в акватории СМП. По итогам навигации 2017 г. объем перевозки грузов в акватории СМП увеличился в 1,3 раза — до 9 млн 932 тыс. тонн. По экспертным оценкам, к 2025 г. грузопоток достигнет 70–80 млн тонн.

АПРЕЛЬ 2018

Специалисты предприятия госкорпорации «Росатом» Российского федерального ядерного центра — Всероссийского научно-исследовательского института экспериментальной физики (РФЯЦ-ВНИИЭФ) ведут разработку цифровой модели безэкипажного судна (БЭС). Разработчики считают, что это ноу-хау поможет повысить эффективность морских перевозок в Арктике.

■ ■ ■

Загрязнение прибрежной зоны озера Байкал приобретает катастрофические масштабы. Около 60% побережья озера покрыто опасной водорослью спирогирой. Она характерна для теплых стоячих водоемов и раньше практически не встречалась в Байкале. По данным Лимнологического института Сибирского отделения академии наук России, особую опасность представляет процесс скрытой эвтрофикации мелководных и заплесковых зон под воздействием избытка биогенных элементов, в основном азота и фосфора. Авторы документа связывают это со сбросами неочищенных сточных вод и применением моющих средств, содержащих фосфаты. В настоящее время коммунальные очистные сооружения не обеспечивают должную степень очистки.

Международная морская организация (IMO) провела дискуссию о запрете использования в Арктике судов на тяжелом топливе. Он может вступить в силу с 2021 г. и будет распространяться на флотский мазут, как используемый в качестве топлива при прохождении через арктические воды, так и перевозимый в готовом виде.

■ ■ ■

Компания «СКАНЭКС» измерила высоту ледников на архипелаге Новая Земля с помощью радиолокационных изображений. Анализируя спутниковые снимки, эксперты ГК «СКАНЭКС» обнаружили новый залив, образовавшийся в результате таяния ледников, и смогли измерить высоту нескольких из них. Около половины площади Северного острова Новой Земли покрыто мощным ледниковым покровом, по краю которого расположены 60 выводных ледников. С течением времени они деградируют. При активной деградации выводных ледников каждый год формируется большое количество айсбергов, распространение которых несет потенциальную опасность для судоходства.

МАЙ 2018

Новейший ледокол Северного флота «Илья Муромец» завершил ледовые испытания, в рамках которых он совершил свою первую проводку атомной подводной лодки. Дизель-электрический ледокол «Илья Муромец» — это новое поколение многофункционального судна, предназначенного для проводки кораблей и судов в сплошном ледовом поле толщиной до 0,9 метров. Построен на предприятии «Адмиралтейские верфи». Спущен на воду в июне 2016 г. Длина судна — 85 метров, ширина — около 20 метров, водоизмещение составляет около 6 000 тонн. Был принят в состав ВМФ России 30 ноября 2017 г.

■ ■ ■

На торжественной церемонии открытия Крымского моста Президент РФ за рулем КамАЗа возглавил колонну из трех десятков грузовиков, которые испытали мост на прочность. Мост соединил Крым и Краснодарский край и стал самым протяженным в Европе (19 км), потеснив знаменитый вантовый мост Васко да Гама в столице Португалии (17,2 км).

В рамках разработки «Морского портала "Scanex Maritime"» ГК «СКАНЭКС» запущен веб-проект «Морской портал. Каспий», на котором представлены геоинформационные сервисы и продукты для морской отрасли, адаптированные под Каспийский регион.

ИЮНЬ 2018

В Сахалинской области в заливе Пильтун произошла массовая гибель тихоокеанской сельди. Эксперты региональной общественной организации «Эковахта Сахалина» обследовали участок западного берега залива Пильтун от точки в 3 км южнее от устья реки Кадыланьи до точки в районе озера Кривун, залив Торрох и нижнее течение реки Сабо длиной 1,5 км от устья. На этом отрезке побережья общей длиной 30 км произведен подсчет погибшей сельди в 28 точках, каждая из которых длиной 10 м и шириной, полностью включающей массу рыбы. Гибель такого количества разновозрастной рыбы одного вида — аномальное событие. Может идти речь об уничтожении большей части популяции сельди залива Пильтун.

■ ■ ■

В июне стартовала комплексная экспедиция АНО НИЦ «Открытый Регион» в четыре моря Арктики. ГК «СКАНЭКС» предоставила ее участникам доступ к сервисам «Морского портала "Scanex Maritime"». Одна из задач сотрудничества компании и экспедиции — проведение эксперимента по замерам водных глубин одновременно с земли и из космоса. Экспедиция проходит под контролем МЧС России, с разрешения администрации Северного морского пути.

■ ■ ■

Кабинет министров утвердил проект Конвенции о правовом статусе Каспия. Конвенцией определяются и регулируются права и обязательства сторон в отношении использования Каспийского моря, включая его воды, дно, недра, природные ресурсы и воздушное пространство над морем.