

АВТОНОМНАЯ НЕКОММЕРЧЕСКАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ
ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАУЧНО-
ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР МГТУ ИМ. Н.Э. БАУМАНА»
(АНО ДО «НОЦ МГТУ ИМ. Н.Э. БАУМАНА»)

УДК 528.8

СОГЛАСОВАНО

Директор АНО
«ЦЕНТР «АЭРОНЕТ»,
канд. техн. наук

УТВЕРЖДАЮ

Президент АНО ДО «НОЦ
МГТУ им. Н.Э. Баумана»

_____ С.А. Жуков

_____ С.С. Музыка

«__» _____ 2022 г.

«__» _____ 2022 г.

ОТЧЕТ
О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

Комплексное аналитическое исследование по развитию российского и
международного рынка по направлению НТИ «Аэронет» в части
приоритетного сегмента дорожной карты «ДЗЗ и мониторинг»
по теме:

ДИСТАНЦИОННОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ ЗЕМЛИ: АЭРОКОСМИЧЕСКИЕ
СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА

Руководитель НИР

_____ А.Н. Пирогов

Москва 2022

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Руководитель НИР		1, 2 (раздел)	Пирогов А.Н.
	подпись, дата		
Ведущий консультант, к.ф-м.н.		1, 2 (раздел)	Гершензон В.Е.
	подпись, дата		
Консультант		1 (раздел)	Осипков В.О.
	подпись, дата		
Нормоконтролер		1, 2 (раздел)	Потанина К.В.
	подпись, дата		

РЕФЕРАТ

Отчет 95 с., 1 кн., 8 рис., 15 табл., 68 источн., 6 прил.

Ключевые слова: мониторинг, дистанционное зондирование Земли, геоинформационные системы, беспилотные воздушные суда, аэрокосмические системы мониторинга, обработка данных, рынок ДЗЗ и мониторинга.

Объектами исследований являются аэрокосмические технологии мониторинга.

Работа относится к поисковым исследованиям. Целью данного исследования является изучение формирующегося рынка аэрокосмических систем дистанционного зондирования Земли, предназначенных для мониторинговых задач, оценка текущего состояния и прогноз его развития. Работа описывает рынок технологий аэрокосмического мониторинга как отдельную нишу, указывает на факторы его формирования. Фокус-группа исследования включает производителей аэро и космических съемочных систем, сервисные компании, разработчиков программного обеспечения.

Задачами исследования являются:

Описание технологий, представленных на рынке и планируемых к запуску.

Выявление трендов развития технологий, рынка, запросов потребителей, описание перспективных направлений, ключевых игроков рынка, компаний НТИ.

СОДЕРЖАНИЕ

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ	2
РЕФЕРАТ	3
СОДЕРЖАНИЕ	4
ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ.....	5
ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ.....	6
ВВЕДЕНИЕ.....	7
1. РЫНОК ДЗЗ И МОНИТОРИНГА	14
1.1 Основные сегменты рынка	15
1.2 Емкость рынка	19
1.3 Темпы роста	36
1.4 Жизненный цикл рынка.....	37
1.5 Тренды	39
1.6 Барьеры и риски	41
1.7 Нормативно-правовое регулирование.....	44
1.8 Основные игроки: деятельность, рынок, инновации.....	51
1.9 Оценка успешных бизнес-моделей и лучших практик, новые проекты	55
1.10 Инвестиции, слияния и поглощения, кооперация	57
1.11 Рыночные перспективы технологий: рынки и потребности.....	63
1.12 Ключевые технологии и бизнес-модели, определяющие развитие рынка ДЗЗ и мониторинга	66
2. КОМПАНИИ НТИ	70
2.1 Характеристики компаний, вовлеченных в реализацию направления Аэронет НТИ.....	70
2.2 Краткое описание продуктов и услуг компаний, реализующих проекты по направлению Аэронет НТИ	74
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	80
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	83
ПРИЛОЖЕНИЕ 1.	88
ПРИЛОЖЕНИЕ 2	90
ПРИЛОЖЕНИЕ 3.	91
ПРИЛОЖЕНИЕ 4.	93
ПРИЛОЖЕНИЕ 5	94
ПРИЛОЖЕНИЕ 6.	95

ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Данные аэрокосмического зондирования (данные дистанционного зондирования Земли - ДДЗЗ) – данные о поверхности Земли, объектах, расположенных на ней или в ее недрах, полученные в процессе съемок любыми неконтактными, т.е. дистанционными методами. К ДДЗЗ относят данные, полученные с помощью съемочной аппаратуры наземного, воздушного или космического базирования, позволяющей получать изображения в одном или нескольких участках электромагнитного спектра. Характеристики такого изображения зависят от многих природных условий и технических факторов. К природным условиям относятся сезон съемки, освещённость снимаемой поверхности, состояние атмосферы и т.д. К основным техническим факторам – тип платформы, несущей съемочную аппаратуру, тип сенсора; метод управления процессом съемки; ориентация оптической оси съемочного аппарата; метод получения изображения. Главные характеристики ДДЗЗ определяются числом и градациями спектральных диапазонов; геометрическими особенностями получаемого изображения (вид проекции, распределение искажений), его разрешением.

Геоинформационная система – 1. Информационная система, обеспечивающая сбор, хранение, обработку, доступ, отображение и распространение пространственно-координированных данных (пространственных данных). ГИС содержит данные о пространственных объектах в форме их цифровых представлений (векторных, растровых, квадратомиических и иных); 2. Программное средство ГИС (1) - программный продукт, в котором реализованы функциональные возможности ГИС. Поддерживается программным, аппаратным, информационным, нормативно-правовым, кадровым и организационным обеспечением.

Лазерная или лидарная съемка– это технология получения и обработки информации с помощью активных оптических систем (лазеров - лидаров), использующих явления отражения света от объекта с проведением высокоточных измерений плановых и высотных координат. **Лазерное сканирование** – вид съемки, позволяющий создать цифровую 3-D модель объекта, здания представив эту модель набором точек с высокоточными пространственными координатами. **Аэрокосмический мониторинг** — регулярное наблюдение и сбор информации с использованием авиационной и космической техники ДДЗЗ.

ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ

API - Интерфейс прикладного программирования
ML - Машинное обучение
АФС - Аэрофотосъемка
АС - Аэросъемка
БАС - Беспилотные авиационные системы
БВС - Беспилотное воздушное судно
ВЛС - Воздушное лазерное сканирование
ДЗЗ - Дистанционное Зондирование Земли
ДДЗЗ - Данные ДЗЗ
ГИТ - Геоинформационные технологии
ГИС - Геоинформационная система
ИИ (AI) - Искусственный интеллект
КА - Космический аппарат
ЛА - Летательный аппарат
НТИ - Национальная технологическая инициатива
РСА - Радиолокатор с синтезированной апертурой
РЛИ - Радиолокационные изображения

ВВЕДЕНИЕ

Под аэрокосмическими методами принято понимать совокупность методов исследований атмосферы, земной поверхности, океанов, верхнего слоя земной коры с воздушных и космических носителей путем дистанционной регистрации и последующего анализа идущего от Земли электромагнитного излучения. Данные методы относятся к технологиям дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) и геоинформационных технологий (ГИТ). Аэрокосмические методы обеспечивают определение точного географического положения изучаемых объектов или явлений, получение их качественных и количественных биогеофизических характеристик и их изменений во времени.

Объектом исследования является аэрокосмический мониторинг средствами ДЗЗ, определяемый как регулярное наблюдение и сбор информации с использованием авиационной и космической техники с целью оценки и прогноза состояния каких-либо объектов, процессов, явлений. При проведении мониторинга средствами ДЗЗ применяются конкретные технологии, оптимизированные для получения данных, пригодных для последующего анализа. Мониторинговые задачи имеют начальное условие, задачи и заранее сформулированное целевое назначение, определяющее выбор сенсоров для проведения ДЗЗ, геометрические и радиометрические параметры снимков и данных, объемы, регулярность, периодичность съемки, используемые методы анализа и визуализации информации.

Основанием для разработки темы является наблюдаемый процесс всё большей специализации аэрокосмических систем ДЗЗ на решение задач мониторинга различных естественных и искусственных объектов и явлений. Данный процесс выражается в создании специализированных сенсоров и целых спутниковых группировок, формирование баз регулярно обновляемых пространственных данных, создание инструментов непрерывного мониторинга состояния окружающей среды. Такая специализация отчетливо формирует новый рынок аэрокосмического мониторинга средствами ДЗЗ и способствует росту использования аэрокосмической информации в различных прикладных и исследовательских задачах.

Целью данного исследования является изучение формирующегося рынка аэрокосмических систем дистанционного зондирования Земли, предназначенных для мониторинговых задач, оценка текущего состояния и прогноз его развития.

Рынок аэрокосмического мониторинга ранее детально не изучался, с тем же, существует большое количество исследований конкретных технологий и

нишевых рыночных продуктов, применяемых в задачах мониторинга. Актуальность исследований определяется прежде всего формированием технологических дорожных карт в различных отраслях, планов цифровой трансформации как федерального, так и регионального уровней, реализации проектов Национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации», а также запросов коммерческих компаний производителей технологий, потребителей, научно-образовательного сообщества.

Обзор исследований по теме. Вопросы получения и использования данных дистанционного зондирования Земли в аспекте мониторинговых задач как правило рассматриваются в рамках отраслевых публикаций, освещающих различные направления хозяйственной деятельности человека. Наибольшее количество публикаций касаются вопросов мониторинга объектов нефтегазового хозяйства [1], лесов и сельскохозяйственных земель [2], объектов инфраструктуры [3]. Эти работы, как правило, построены на изучении возможностей и практике использования уже имеющихся систем ДЗЗ, но закладывают основу для формирования требований для создания специализированных мониторинговых аэрокосмических комплексов [4].

Важным является определение самого понятия мониторинга в применимости к аэрокосмическим системам наблюдения. В данном исследовании мы опирались на трактовки И. Фарман, опубликованные в статье «Мониторинг как метод исследования и представления знаний» [5].

Создание новых космических группировок, активное развитие беспилотных воздушных систем, специализация аэрофотосъемочной техники и технологий обработки данных, наблюдаемые в последние 15–20 лет привели к необходимости описания, сегментации, анализа новых рынков ДЗЗ. Такой анализ в основном проводят профессиональные сообщества, аналитические центры, консалтинговые компании, центры компетенций, примеры которых приведены в таблице 1.

Таблица 1. Категории источников аналитической информации о рынке ДЗЗ и мониторинга:

Категория	Источники информации
Профессиональные сообщества и центры компетенций	Международная ассоциация беспилотных транспортных систем, Международное общество фотограмметрии и дистанционного зондирования Земли (Германия), АНО «Центр «Аэронет», Ассоциация «Аэронекст», Европейская ассоциация аэрофотосъемки, «Росгеокарт»
Консалтинговые компании	Ernst and Young, MarketsandMarkets, Geospatial Media and Communications BV., Drone Industry Insights,

	PricewaterhouseCoopers, J'son & Partners Consulting, Allied Analytics, Национальная технологическая инициатива (НТИ), Gartner, Inc., Teal Group, DCG, McKinsey&Company, Goldman Sachs/
Экспертные сообщества	TerraWatch, ГеоХаб, GISGeo, тематические группы в социальных сетях
Новостные агрегаторы	GIM-International, GEOConnexion, ГИС-Ассоциация, Directions Magazine, Geospatial Media, MundoGeo

Мировой рынок аэрокосмических систем для задач мониторинга как правило рассматривается в рамках исследований рынка космических услуг и/или геоинформационных технологий. Рынок беспилотных систем для задач получения данных ДЗЗ традиционно относится к рынку ГИТ, объединяющий системы получения данных, технологии их обработки и анализа.

Большинство аналитических работ охватывают общемировой рынок ДЗЗ. Локальные рынки, особенно развивающихся стран исследуются лишь эпизодически. Рынок России практически не фигурирует в глобальных исследованиях.

Изучение рынка дистанционного зондирования Земли и геоинформационных технологий велось в России ГИС-Ассоциацией и Ассоциацией «Земля из Космоса» в период с конца 90-х годов до 2015 года. В настоящий момент данные профессиональные сообщества не ведут активную деятельность. Возрождение исследовательской активности связано с созданием рабочей группы Аэронет Национальной технологической инициативы, появлением экспертных отраслевых сообществ, созданием некоммерческих организаций. Перспективы исследования глобального и российского рынка ДЗЗ связано созданием «Центра компетенций НТИ по геоданным» в 2022 году на базе консорциума вузов.

Наиболее значимые для развития российского рынка ДЗЗ аналитические исследования были выполнены за последние 5 лет рабочей группой «Аэронет», Инфраструктурным центром «Аэронет», Ассоциацией «АЭРОНЕКСТ», отдельными коммерческими и государственными организациями, экспертами, профессиональными сообществами, приведенными в таблице 2. Перечень данных исследований разделен на тематические сегменты: рынок, технологии, применение, законодательство.

Таблица 2. Исследования рынка ДЗЗ и мониторинга, 2018-2022 гг.

№	Название	Исполнитель	Год
Рынок			
1	Перспективы развития частной космонавтики в России	АНО «ЦЕНТР «АЭРОНЕТ»	2019
2	Анализ компаний рынка Аэронет — производителей и эксплуатантов беспилотных авиационных систем	АНО «ЦЕНТР «АЭРОНЕТ»	2019
3	Исследование международного рынка беспилотных авиационных систем и услуг с их применением	МАИ	2019
4	Формирование предложений по прогнозированию перспективных отраслевых потребностей в данных ДЗЗ, продуктах и сервисах на их основе	ВШЭ	2019
5	Выявление возможностей коммерциализации технологий ситуационных центров оперативного мониторинга и реагирования на базе беспилотных авиационных и космических систем в единой информационной коммуникационной среде	АНО «ЦЕНТР «АЭРОНЕТ»	2020
6	Обзор некоммерческих экологических организаций мира, использующих в своей работе данные космической съемки и геоинформационные технологии	АНО «ЦЕНТР «АЭРОНЕТ»	2020
7	Пространственные данные: потребности экономики в условиях цифровизации	Росреестр	2020
8	Слияния и поглощения мирового геоинформационного и ДЗЗ рынков (2001-2020)	Проект GISGeo	2020
9	Рынок беспилотной авиации Евросоюза – регулирование и перспективы	Ассоциация «Аэронекст»	2020
10	Объем и динамика выручки компаний рынка ГИС и ДЗЗ России с 2015 по 2020 годы	Проект GISGeo	2021

11	Аналитический отчет. Выявление, анализ и актуализация сведений в отношении отечественных компаний, осуществляющих деятельность в области беспилотной авиации	АНО «ЦЕНТР «АЭРОНЕТ»	2021-2022
12	Обзор инвестиций мирового рынка ГИС и ДЗЗ	Проект GISGeo	2022
Технологии			
13	Анализ требований к технологиям интеграции беспилотных авиационных систем	АНО «ЦЕНТР «АЭРОНЕТ»	2019
14	Проведение исследований и разработка дорожной карты (плана мероприятий) по реализации технологий безопасного выполнения маловысотных полетов беспилотных авиационных систем совместно с пилотируемой авиацией	АНО «ЦЕНТР «АЭРОНЕТ»	2020
15	Обзор трендов развития космического дистанционного зондирования Земли	Проект GISGeo	2022
16	Рыночный обзор и формирование предложений по разработке МКА для создания космических систем с целью решения прикладных задач	АНО ДПО «Научно-образовательный центр МГТУ им. Н.Э. Баумана»	2022
Применение			
17	Анализ существующего состояния международного и отечественного ранка применений БАС	Инфраструктурный центр по направлению Аэронет НТИ	2018
18	Аналитическое исследование об инвестиционной активности на рынке беспилотных авиационных систем, продуктов и услуг на их основе	Инфраструктурный центр по направлению Аэронет НТИ	2018
19	Исследование потребностей пользователей Российских данных ДЗЗ из космоса в 2020 году	ГК «Роскосмос»	2020

10	Аналитическое исследование в области тенденций развития ракет-носителей сверхлегкого класса и полезных нагрузок для них	АНО «ЦЕНТР «АЭРОНЕТ»	2022
Законодательство			
21	Концептуальные предложения по интеграции беспилотных авиационных систем в воздушное пространство Российской Федерации	АНО «ЦЕНТР «АЭРОНЕТ»	2018
22	Нормативное обеспечение сферы применения аэрофото- и космосьёмки для фиксации административных правонарушений	АНО «ЦЕНТР «АЭРОНЕТ»	2018
23	Анализ международных и национальных программ, нормативных актов и современных технологических решений, относящихся к интеграции беспилотных авиационных систем в контролируемое и неконтролируемое воздушное пространство, и предложения по их совершенствованию в Российской Федерации	АНО «ЦЕНТР «АЭРОНЕТ»	2018
24	Юридическое оформление проектов нормативных правовых актов о внесении изменений в действующее законодательство Российской Федерации в сфере применения аэрофото- и космосьёмки для фиксации административных правонарушений	АНО «ЦЕНТР «АЭРОНЕТ»	2019
25	Интеграция-2030. Краткий анализ и перспективы реализации принятой концепции	Ассоциация «Аэронекст»	2021
26	Исследование «регулирование применения бас: опыт Китая»	Ассоциация «Аэронекст»	2022
27	Регулирование дистанционного зондирования Земли из космоса: международный опыт	Попова С.М., Уваров В.Б., Яника А.А	2022

Приведенный выше перечень работ достаточно полно характеризует текущее технологическое состояние российского и глобального рынка

дистанционного зондирования Земли, как в космическом, так и в беспилотном сегментах. С тем же, такие вопросы как профессиональная пилотируемая аэрофотосъемка, технологии обработки и анализа данных ДЗЗ для задач мониторинга рассматриваются лишь частично.

1. РЫНОК ДЗЗ И МОНИТОРИНГА

Данное исследование определяет рынок ДЗЗ для мониторинговых задач как совокупность процессов создания, эксплуатации, применения специализированных аэрокосмических сенсоров, формирование баз регулярно обновляемых пространственных данных, создание инструментов непрерывного анализа получаемых данных и доведения результатов до потребителя. Ключевым параметром мониторинговых задач является периодичность съемки с predetermined характеристиками. Периодичность определяется нормативно-правовыми актами, техническими регламентами, стандартами, внутренними нормативами предприятий, отраслевыми техническими заданиями.

Основа для формирования рынка ДЗЗ и мониторинга была заложена более 50 лет назад с началом реализации программы Landsat (США), целью которой был глобальный космический мониторинг состояния посевов [6]. Помимо программы Landast, на формирование рынка ДЗЗ и мониторинга оказало влияние создание метеорологических группировок. Развитие спутниковой съемки привело к появлению в начале 2000 годов картографических группировок (Ikonos, Ресурс-ДК, Eros, ALOS). К ранним мониторинговым группировкам можно отнести программы MODIS, NOAH, Firms, имеющие специализацию по мониторингу состояния атмосферы. Основными рыночными барьерами, которые не позволяли говорить о том, что данные группировки могут рассматриваться как мониторинговые были ограничения по частоте съемки (от 5 суток) и пространственному разрешению (до сотен метров). С учетом погодных условий время получения данных могло измеряться неделями, что, безусловно, не соответствовало требованиям многих прикладных задач. К традиционным системам мониторинга также относится метеорологическое наблюдение, осуществляемое из космоса на протяжении многих десятилетий. В настоящее время космический метеомониторинг переживает «возрождение».

С 2010 года начали формироваться специализированные группировки микро и наноспутников, способные проводить съемку любой точки Земли с периодичностью 1 сутки со средним и высоким пространственным разрешением, что позиционировалось как решения для мониторинговых задач широкого спектра (от сельского хозяйства до добычи полезных ископаемых). Такая периодичность и разрешение, в сочетании с изменением технологий взаимодействия с конечным заказчиком, развитием средств обработки данных позволяют нам говорить о начале формирования рынка ДЗЗ и мониторинга на основе космической съемки.

Аэрофотосъемка и специализированная съемка с пилотируемых и беспилотных воздушных аппаратов также всё больше развиваются в сторону мониторинговых систем. Изначально, АФС была оптимизирована для задач картографирования территории (создания ортофотопланов, топопланов, карт крупного масштаба). Последние десять лет характеризуются всё большей специализацией производителей АФС оборудования на создании решений и проведении съемки для задач мониторинга. Это выражается в появлении аэрокамер для регулярной съемки городской территории, мультиспектральных камер для мониторинга состояния посевов, проведение АФС на регулярной основе на большие территории без предварительного заказа.

По подобному пути развития идёт и беспилотная съемка, на рынок уже пришли специализированные камеры для мультиспектральной съемки в целях мониторинга с/х земель, наклонные камеры для мониторинговой съемки городов, компактные лазерные сканеры, применяющиеся для мониторинга состояния линий электропередач, контроля объемов выработок и т.п., а также специализированные сенсоры (газоанализаторы, тепловизоры, геофизические сенсоры) предназначенные для мониторинга состояния инфраструктурных объектов.

Появление специализированных систем ДЗЗ для мониторинга существенно расширяет спектр применения аэрокосмических систем, а также приводит к важному технологическому переходу (изменению парадигмы): от решения картографических задач к решению прикладных задач получения информации о состоянии наблюдаемых объектов.

С появлением новых средств ДЗЗ: группировки микро и нано спутников, БВС, наземные средства, стало возможным получение временных рядов наблюдений (периодичность съемки), определяемых как нормативно закрепленными регламентами, так и техническими заданиями конечного пользователя.

Классификация пользователей по потребностям в оперативной информации приводится в исследовании технологий ситуационных центров [7] и показывает, что большинство потребителей устраивает оперативность доставки результатов ДЗЗ в интервале от 1 до 7 суток.

1.1 Основные сегменты рынка

Рынок ДЗЗ и мониторинга можно представить различными технологическими сегментами, среди которых можно выделить в настоящее время:

— **Космический мониторинг.** Сегмент представлен операторами космических систем ДЗЗ, осуществляющих разработку КА, управление группировками, получение информации и предоставление её конечным потребителям, производителей космических сенсорных и навигационных систем. Конечными потребителями космической съемки выступают разработчики отраслевых программных и сервисных решений, например, геоинформационные компании, создающие сервисы для сельскохозяйственного мониторинга, разработчики ПО для фотограмметрической и радарграмметрической обработки космических снимков.

— **Аэромониторинг.** Сегмент состоит из производителей аэросъемочного оборудования (камеры, сенсоры, датчики), производителей БАС, сервисных компаний, осуществляющих аэросъемочные работы, производителей программного обеспечения и сервисов для фотограмметрической обработки данных АФС, разработчиков ПО и сервисов для аналитической обработки снимков.

— **Геоинформационное программное обеспечение и сервисы, отраслевые IT решения, консалтинг и анализ данных.** Данный сегмент состоит из разработчиков ПО и сервисов, использующих результаты съемки, прошедшей фотограмметрическую или радарграмметрическую обработку данных, комплексные поставщики отраслевых IT решений, консалтинговые и аналитические компании.

— **Ситуационные центры.** Перспективный, активно формирующийся рынок, представленный агрегаторами всех типов мониторинга и созданием специализированных программных и сервисных решений.

Рыночные потребности в сервисных услугах определяются требованиями к периодичности съемки, её регулярности и объёмов. Это, в свою очередь, формирует запрос на создание средств мониторинга (сенсоры и носители).

В каждом сегменте, как показано в таблице 3, можно выделить подсегменты, имеющие большую или меньшую рыночную специализацию.

Таблица 3. Состав рынка ДЗЗ и мониторинга по используемым технологиям

Сегмент	Подсегмент	Описание и характеристика
---------	------------	---------------------------

Космический мониторинг	Разработка и производство космических аппаратов	Создание спутниковых группировок различного класса, обеспечивающих регулярность съемки с заданными параметрами (спектральные диапазоны, разрешение, битность и т.п.). <i>Высока рыночная востребованность. Активное формирование нового рынка.</i>
	Услуги космической съемки	Эксплуатация космических группировок, управление группировками, получение информации и предоставление её конечным потребителям <i>Высока рыночная востребованность. Устойчивый растущий рынок</i>
	Космическая радиолокационная съемка (создание и эксплуатация)	Создание специализированных радиолокаторов (РСА) для спутниковых группировок различного класса, обеспечивающих съемку с заданными параметрами (разрешение, поляризация). <i>Высока рыночная востребованность. Активное формирование рынка.</i>
	Космический метеорологический мониторинг	Создание и эксплуатация метеорологических группировок КА, оказание услуг в области построения прогнозов состояния атмосферы. <i>Высокая рыночная востребованность. Традиционный рынок.</i>

Аэромониторинг	Разработка и производство беспилотных летательных аппаратов	Производство БАС, адаптированных под проведение мониторинговых работ в части полезной нагрузки (сенсоры, навигация) и времени полёта. <i>Высокая рыночная востребованность. Устойчивый растущий рынок.</i>
	Разработка и производство лидаров (лазерных сканеров) для пилотируемых и беспилотных ЛА	Создание лидаров для беспилотных и пилотируемых ЛА различного класса, обеспечивающих съемку с заданными параметрами. <i>Высокая рыночная востребованность. Активное развитие рынка.</i>
	Разработка и производство оптических, включая мульти и гиперспектральных сенсоров для пилотируемых и беспилотных ЛА	Создание специализированных мульти и гиперспектральных камер для беспилотных и пилотируемых ЛА различного класса, обеспечивающих съемку с заданными параметрами (разрешение, спектральные диапазоны). <i>Высокая рыночная востребованность. Активное формирование рынка.</i>
	Разработка и производство тепловизоров для пилотируемых и беспилотных ЛА	Создание тепловизионных камер для беспилотных и пилотируемых ЛА различного класса, обеспечивающих съемку с заданными параметрами (разрешение, чувствительность). <i>Высокая рыночная востребованность. Активное формирование рынка.</i>
	Разработка и производство специальных	Создание специальных сенсоров для беспилотных и пилотируемых ЛА различного

	сенсоров (магнитометры, радиолокаторы САР и др.)	класса, обеспечивающих съемку с заданными параметрами. <i>Высока рыночная востребованность. Начало формирования рынка.</i>
	Услуги аэросъемки с использованием пилотируемых и беспилотных воздушных систем	Выполнение аэросъемочных работ. <i>Традиционный рынок. Высока рыночная востребованность. Начало формирования рынка.</i>
Геоинформационное программное обеспечение и сервисы, отраслевые ИТ решения, консалтинг и анализ данных.	Специализированное геоинформационное обеспечение и сервисы.	Разработчики ПО и операторы сервисов, агрегирующие, анализирующие и предоставляющие данные мониторинга пользователям. <i>Сформированный, растущий рынок.</i>
Ситуационные центры (сервисы мониторинга)	Создание технологий и методов ситуационной осведомленности. Сервисы на основе гибридных систем мониторинга	Крупные агрегаторы данных различных систем мониторинга, в том числе создающие и управляющие собственными группировками, оказывающие услуги комплексного, глобального мониторинга. <i>Высока рыночная востребованность. Начало формирования рынка.</i>

1.2 Емкость рынка

Рынок ДЗЗ и мониторинга — это комплексный рынок, состоящий из смешанных бизнес-моделей, характеризующихся изменениями во времени, тесными кооперационными связями, непрерывными процессами слияния и поглощений, сложными цепочками взаимодействия с конечным потребителем, сильными регуляторными ограничениями и диспропорциями развития в разных странах мира.

Большинство аналитических компаний при расчетах емкости рынка оперируют технологическими и сервисными сегментами, относя задачи

мониторинга лишь к одному из видов деятельности. Развитие же систем аэрокосмического зондирования и сервисов на их основе отчетливо свидетельствует о том, что основной решаемой задачей становится именно регулярная съемка территорий с заданными параметрами, что является мониторинговой задачей.

1.2.1 Космический мониторинг

Сегмент «Дистанционное зондирование Земли из космоса»

Современные группировки КА ДЗЗ обеспечивают возможность съемки от 1 до 20 раз в сутки в зависимости от географического положения объекта съемки. Некоторые операторы систем ДЗЗ, предоставляют доступ к данным съемки районов интереса с суточным обновлением информации (Planet, Maxar Technologies, Airbus DS и др.). Готовящиеся к запуску новые группировки (Maxar Legion, Satellogic и др.) будут обеспечивать 15 минутное обновление данных в течение светлого времени суток, а радиолокационные группировки (Capella, Synspective и др.) будут обеспечивать ночной мониторинг. Планируемые к запуску мульти и гиперспектральные группировки не только будут по оперативности сопоставимы со съемкой в естественных цветах, но и позволят получать новые типы аналитических данных. Космический сегмент мониторинговых работ к 2030 году будет предоставлять данные сверхвысокого и высокого разрешения (от 30 см до 2,5 метров) круглосуточно с интервалом от 15 минут в различных спектральных диапазонах.

Ведущие аналитические компании Marketsandmarkets, Northern Sky Research (NSR), Euroconsult и Европейская ассоциация EARSC прогнозируют развитие отрасли космических данных и сервисов ДЗЗ от 5,7 миллиарда долларов США 2021 году к 11,3 к 2031 году (CAGR – 7,2%). [8,9,10,11,12].

Главными потребителями данных космической съемки были и останутся в ближайшем десятилетии государственные структуры – органы обороны и безопасности.

Лидеры рынка ДЗЗ Maxar Technologies и Airbus DS занимают около 73% мирового рынка продаж данных ДЗЗ. Такие компании, как Planet (США), BlackSky Global (США), Urthecast (Канада), Satellogic (Аргентина), AxelSpace (Япония), ICEYE (Финляндия) рассчитывают на привлечение инвестиций и крупных контрактов с оборонными ведомствами. Так, BlackSky в 2022 году подписал контракт на 14 миллионов долларов США с National Geospatial-Intelligence Agency (NGA) по глобальному мониторингу экономической активности [13]. Наиболее успешная среди космических стартапов компания Planet уже развернула мегагруппировку, состоящую из более 100 аппаратов и

занимает 4,6% мирового рынка. Planet Labs Germany GmbH, представляющая компанию Planet в Германии подписала контракт с Федеральным агентством по геодезии и картографии Германии (BKG) на поставку ежедневной съемки высокого разрешения для обеспечения мониторинговых задач. Согласно заключенному контракту более 400 федеральных организаций получают доступ к portalу Planet. [14]

Согласно данным Европейской ассоциации компаний дистанционного зондирования, в 2020 году количество компаний, связанных с индустрией наблюдения Земли, выросло на 24% по сравнению с 2019 годом, в 2020 и 2021 году их количество продолжило рост. Согласно данным [15] оптическая съемка до 2028 года будет оставаться наиболее востребованной в сегменте космического мониторинга с долей около 70%, радиолокационная съемка будет расти и достигнет 20-25%, 5-10% будет приходиться на специальные сенсоры мониторинга состояния атмосферы.

Ключевыми регионами потребителями съемки будут Северная Америка и Европа.

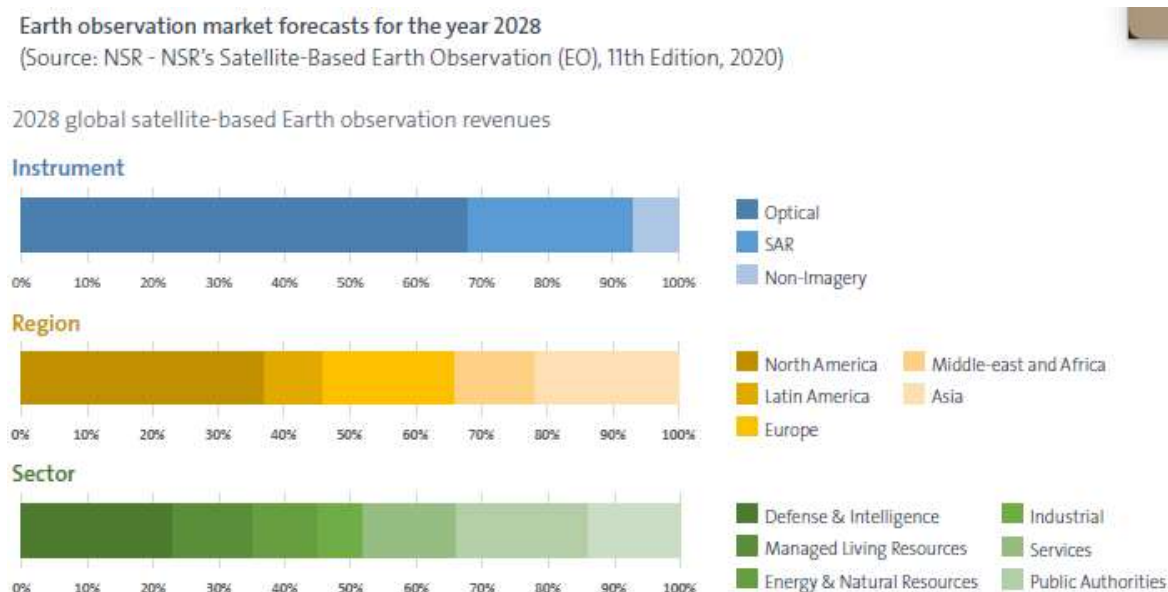


Рисунок 1. Диаграмма развития сегментов, регионов и секторов космического ДЗЗ к 2028 году (Ист. NSR Satellite Based Earth Observation, [16]).

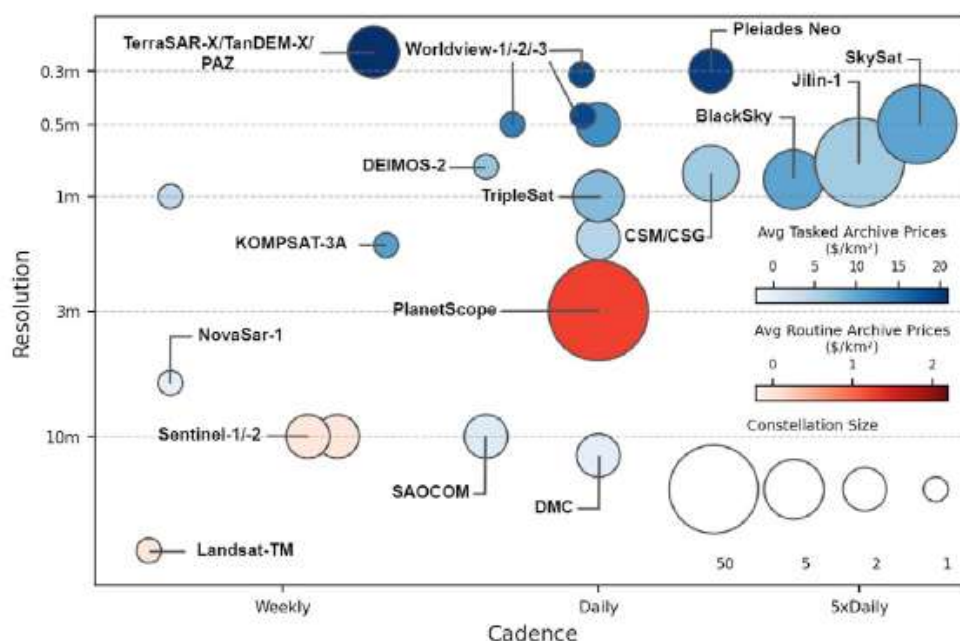


Рисунок 2. Диаграмма соотношения пространственного разрешения и времени повторной съемки. (Ист. NSR Satellite Based Earth Observation, 11 Ed., [16]).

Сегмент «Производство космических аппаратов»

За последние 20 лет было запущено 1 460 спутников для целей дистанционного зондирования, предназначенных для различных областей применения, включая метеорологию, научные исследования, борьбу со стихийными бедствиями, а также безопасность и оборону. Подавляющее большинство этих космических аппаратов было введено в эксплуатацию за последние восемь лет, в частности благодаря миниатюризации космических технологий, которая является основной тенденцией в космическом секторе в целом. Спутники, выводимые на орбиту, представляют собой все более мелкие аппараты (менее 500 кг). Меньший размер обычно снижает затраты на производство и запуск, хотя может сильно повлиять на возможности съемки и её характеристики (например, меньшая полоса захвата). Снижение массы КА облегчает запуск спутников дистанционного зондирования в более крупных группировках, что позволяет сократить время повторной съемки.

За последнее десятилетие поставщики оптических данных отошли от традиционных тяжелых спутников, запускаемых небольшими группировками, и ориентируются на малые классы спутников, исчисляемые десятками и сотнями. Ожидается, что к 2024 году большие группировки займут порядка 85 % рынка оптических данных ДЗЗ. Основная цель таких массовых группировок – решение мониторинговых задач в интересах различных отраслей.

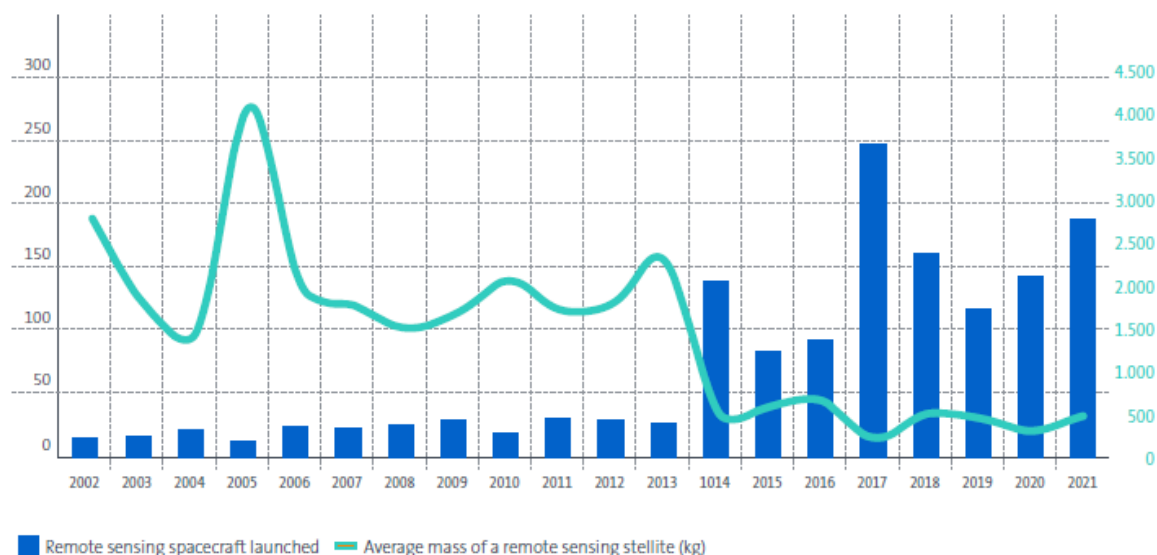


Рисунок 3. График соотношения количества запущенных КА к их массе. (Ист. Space-borne sensing and green applications - Patent Insight Report from European Space Policy Institute (ESPI), 2022) [17]

Как правило, создатели КА являются и операторами группировки, поставляя снимки агрегаторам данных, дилерам и напрямую конечным пользователям посредством собственных платформенных сервисов. Последние годы происходит изменение бизнес-моделей операторов КА ДЗЗ. Часть эксплуатантов всё больше ориентируется на разработку и запуск КА, отдавая задачи управления, приема, распространения и обработки данных другим игрокам рынка (например, IceEye), другая часть всё больше фокусируется на предоставлении аналитических данных «под ключ» на основе собственных группировок КА (например, Spire). Новые стартапы, создающие платформы в виде КА микро и нано классов не будут полноценными операторами КА, а рассчитывают на то, что управлять группировкой будут заказчики аппаратов.

Сегмент разработчиков КА можно разделить по типу сенсоров:

- Оптические (получающие данные в естественных цветах) и мультиспектральные. Как правило КА ДЗЗ проводят съемку в панхроматическом и мультиспектральном режиме.
- Гиперспектральные.
- Радиолокационные (РСА).
- Инфракрасные.
- Специальные, в том числе обрабатывающие навигационные данные (АИС).

На рисунке 4 приведены действующие и перспективные участники рынка производства и эксплуатации КА ДЗЗ.

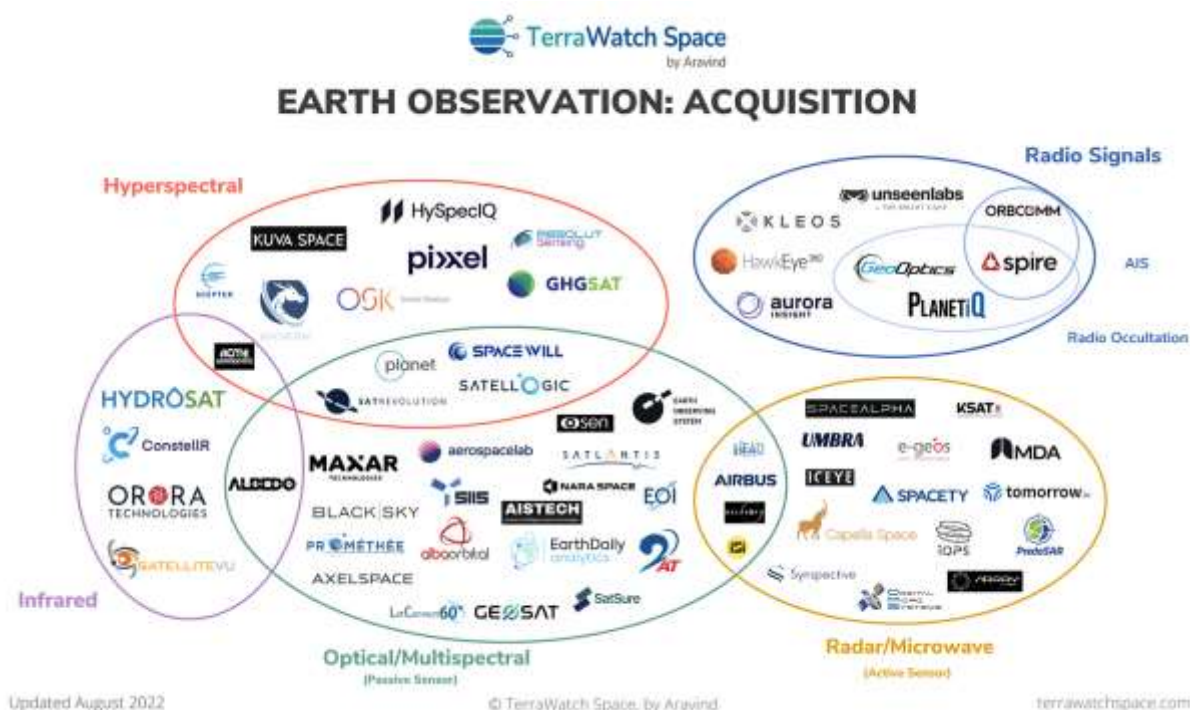


Рисунок 4. Действующие и перспективные участники рынка производства и эксплуатации КА ДЗЗ [18]

Отдельно стоит рассматривать производство универсальных спутниковых платформ, которые могут нести различную полезную нагрузку в зависимости от требований заказчика. В 2022 году на этот рынок пришёл SpaceX с платформой Starshield [19] способной нести сенсоры ДЗЗ. Особенностью этой серии аппаратов является оптическая лазерная связь с группировкой Starlink, обеспечивающая интернет-доступ по всему миру. При такой схеме исчезает потребность в разворачивании дорогостоящей наземной инфраструктуре приема и передачи данных.

Виталий Егоров, популяризатор космоса так прокомментировал эту новость: «Теперь он (Маск) в открытую предлагает военным свой проект Starshield. Теперь на старлинки, которые он производит и запускает в массовом количестве, он предлагает ставить любую полезную нагрузку, которую пожелает государство. Хотите шпионские камеры — пожалуйста. Зондирующие радары — получайте. Широкополосную связь на поле боя — на! Все данные будут передаваться зашифрованным лазером через межспутниковую сеть Starlink, поэтому их не отследить пеленгом и не зашуметь глушилками. Спутники можно запускать максимально оперативно со старлинками, которые пуляются почти каждую неделю. И самое главное — эти военные аппараты никак не отличить от обычных старлинков, поскольку они будут запускаться в общих пакетах, то есть стратегические «непартнеры» не будут знать, что над ними пролетает в каждый момент,

то ли мирный американский трактор старлинк, то ли военный спутник-шпион».

Сегмент «Разработка и производство радиолокаторов космического базирования»

Для получения радиолокационных данных используются датчики, работающие в различных диапазонах электромагнитного спектра. Наиболее часто используются следующие диапазоны длин волн: X-диапазон (2,4-3,75 см); C-диапазон (3,75-7,5 см); S-диапазон (7,5 — 15 см); L-диапазон (15-30 см).

Радиолокатор посылает к земной поверхности узконаправленные высокочастотные импульсные пучки электромагнитных волн. Отраженное и рассеянное земной поверхностью Земли электромагнитное излучение регистрируется антенной радара для последующей обработки. По сравнению с оптическими и инфракрасными средствами наблюдения РЛС имеют следующие преимущества:

- Независимость получения снимков от времени суток и погодных условий;

- Когерентность излучения, позволяющая выполнять фазовую обработку принимаемого сигнала и получать информацию, недоступную при использовании оптических сенсоров, в частности, измерять смещения земной поверхности с точностью до долей длины волны, определять скорости движущихся объектов;

- Гибкость управления и изменения параметров радиолокатора, позволяющая варьировать положение и размеры зоны обзора, разрешающую способность и формы представления информации.

Радиолокационные системы (РСА) могут предоставлять данные с высоким разрешением и осуществлять мониторинг на большой территории, независимо от погоды, задымленности и древесного покрова. В настоящее время РСА считается крайне недоиспользуемой технологией, отчасти из-за высоких производственных затрат и затрат на обработку данных по сравнению с оптическими изображениями. По данным [20] рынок космических РСА достигнет 5,51 млрд долларов США к 2028 году (CAGR 10,7%). В 2020 году рынок оценивался в 2,44 млрд долл. США

Особенностью рынка является высокая доля оборонной отрасли среди конечных заказчиков, наибольшее применение РСА в гражданском секторе нашло в морском мониторинге (нефтеразливы, морское волнение). Все нынешние ведущие поставщики РСА данных находятся в стадии завершения жизненного цикла своих аппаратов. Рынок РСА остаётся затратным в силу высоких расходов на проектирование спутников, эксплуатации и анализа

данных. Традиционные РСА группировки, такие как Radarsat-1, Sentinel-1 в основном финансируются за счет государственных программ, по части программ прекращено финансирование, в результате такие поставщики, как Cosmo и Airbus DS сократили ресурсы миссии. Текущий рынок РСА в основном обслуживается тремя поставщиками: Radarsat (Канада), Cosmo (Италия) и TerraSAR (Германия). Традиционные провайдеры сосредоточились на однодиапазонных частотах, в то время как новички в основном предпочитают многодиапазонные КА, высокое разрешение и высокую частоту повторной съемки. Помимо вышедших недавно на рынок компаний ICEYE и Capella Space в течение ближайших пару лет ожидается запуск новых группировок РСА (например, Synspective). Безусловно, новые поставщики снизят стоимость данных и сложность обработки, которые являются историческими барьерами.

1.2.2 Аэромониторинг и аэросъемка

Рынок аэромониторинга и аэросъемки включает в себя различные виды авиационных работ с использованием оптических, лидарных, тепловизионных, специальных сенсоров, устанавливаемых на пилотируемые и беспилотные ЛА. Объем рынка в 2020 году оценивается Allied Market Research [21] в 2,26 млрд долларов США с ростом до 8,52 млрд долларов США к 2030 году (CAGR – 14,2%). Рынок АФС претерпел серьезные изменения за последние 10 лет. Ключевым фактором его трансформации стало появление БАС, способных обеспечить съемку картографического качества. Ключевыми факторами изменения рынка АФС являются:

- появление космической съемки сверхвысокого разрешения (30 см)
- появление БАС самолётного типа с ДВС
- миниатюризация лидаров для использования на БАС различного типа
- изменение регламентов по картографическому обеспечению территорий во многих странах мира
- снятие нормативных барьеров по использованию результатов АФС
- снижение потребности АФС для картографических задач в развитых странах мира

Согласно рыночным прогнозам, основным носителем полезной нагрузки для АФС к 2030 году станут БАС. Услуги АФС с пилотируемых ЛА меняют свою бизнес-модель. Так, компания HEXAGON заявила, что переходит от модели «АФС под заказ», к сплошной съемке территории и

предоставлении доступа к ней по модели DaaS (данные как сервис). [22] В данный момент компания проводит ежегодную съемку территории США, планируя увеличить её регулярность до 2 раз в год.

Сегмент аэросъемочных услуг характеризуется существенными региональными различиями. Основной объем рынка АФС с использованием пилотируемых аппаратов приходится на страны Европы, Северной Америки, Австралии. Активно развивается рынок пилотируемой съемки в Китае в связи с началом реализации «Дорожной карты создания 3D Real Scene (Трехмерный Китай) Министерства природных ресурсов Китая, анонсированной в 2021 году [23]. Традиционный рынок АФС под картографические задачи сильно сократился в Европе, в связи низкой востребованностью масштабных картографических работ. Аэрофотосъемочные компании были вынуждены переключаться на решение мониторинговых задач, менять авиапарк съемочной техники и сенсоров с увеличением доли БАС.

На раннем этапе развития беспилотной съемки её называли конкурентом для профессиональной съемки с пилотируемых аппаратов. На данный момент, по мнению президента ЕААСИ (Европейская ассоциация аэросъемочных компаний) [26] конкуренции между пилотируемой и беспилотной съемки не происходит. Данные виды съемок дополняют друг друга. Более того, повышение разрешения космического дистанционного зондирования и увеличение частоты повторной съемки также не привело к усилению конкуренции, а повысило эффективность съемочных работ. Преимуществом пилотируемой аэросъемки остаётся гораздо более высокая пространственная точность в трех измерениях, возможность одновременного получать снимки в надире, наклонные и лидарные данные.

Сегмент «Аэромониторинг и аэросъемка с использованием БАС»

Рынок БАС достаточно хорошо изучен как российскими, так и зарубежными специалистами. АНО «ЦЕНТР «АЭРОНЕТ» выполнены исследования международного и российского рынка БАС, с детальной информацией по основным игрокам, сегментам, носителям и полезной нагрузке [62, 63].

Ожидается, что объем рынка услуг с использованием «дронов» вырастет с 11 млрд долларов США в 2021 году до 63,6 млрд к 2025 году при среднегодовом темпе роста 55,9% в течение прогнозируемого периода.

Разные виды съёмочных работ с использованием БАС показывают очень сильный рост к 2025 году. Рынок аэромониторинга будет расти с CAGR 57,78%. [21]

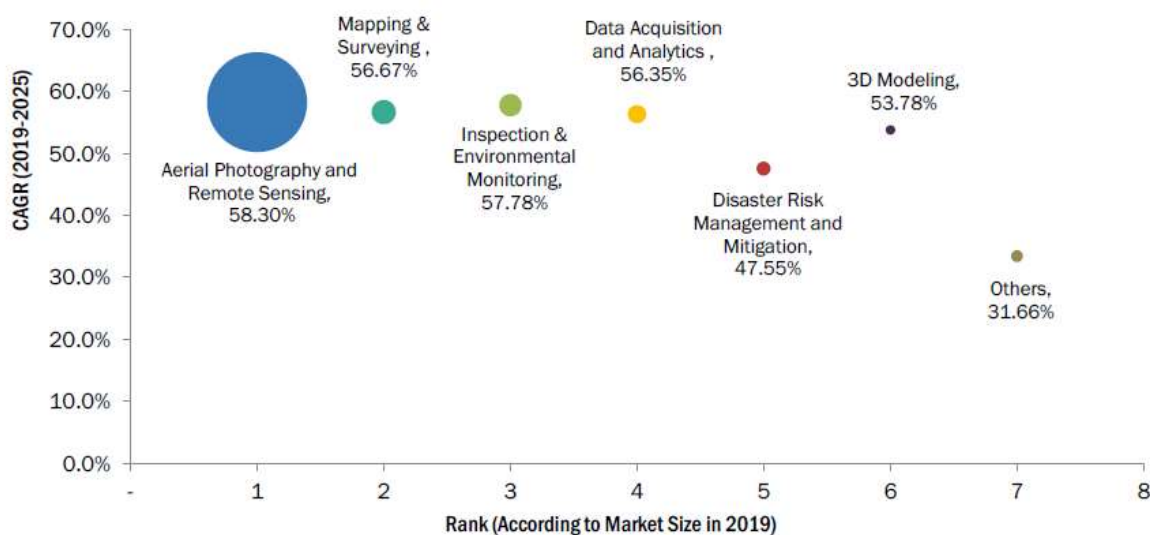


Рисунок 5. Темпы роста различных сегментов рынка съемки с использованием БАС [21]

Растущий спрос на услуги дронов для отраслевых решений и улучшенная нормативно-правовая база в Азиатско-Тихоокеанском регионе и на Ближнем Востоке являются основными факторами, стимулирующими развитие этого рынка. За последние годы БАС доказали свою применимость практически во всех отраслях производственной деятельности человека.

Ожидается, что внедрение новых технологий, таких как искусственный интеллект, IoT и облачные вычисления приведут к ещё большему увеличению спроса на услуги дронов. Северной Америка будет доминировать на рынке услуг БАС до 2025 года, после чего вектор развития рынка БАС сместиться в Юго-Восточную Азию с среднегодовым темпом роста в 67%.

Ограничения различными государственными органами на использование услуг дронов в гражданских и коммерческих целях является одной из основных проблем, с которыми сталкивается рынок мониторинга.

Основными игроками на рынке услуг дронов являются AeroBo (США), Airware (США), Cyberhawk (Великобритания), Deveron UAS (Канада), DroneDeploy (США), Identified Technologies (США), Measure (США), Phoenix Drone Services (США), Prioria Robotics (США), SenseFly (Швейцария), Sharper Shape (США), Sky-Futures (Великобритания), DJI (Китай) и другие.

Сегмент «Разработка и производство лидаров (лазерных сканеров) для пилотируемых и беспилотных ЛА»

Компания Marketsandmarkets определяет в своём прогнозе [25] объем рынка производства лидаров в 1,3 млрд долларов США в 2021 году и прогнозирует его рост до 3,4 млрд в 2026 году (CAGR – 21,6%). Ключевыми успехами рынка лидаров является адаптация технологии под беспилотные

носители (уменьшение размеров и энергопотребления), внедрение технологии в строительстве, поддержка получаемых данных в геоинформационных системах (ГИС), снижение нормативных барьеров в использовании БАС.

Рынок лидаров разделяется по технологиям сканирования, носителям (для пилотируемых ЛА, БАС, автомобильные, носимые и т.п.), предназначению (как средство измерения, как технология получения цифровых моделей и т.п.).

Ключевыми производителями лидаров являются европейские и северо-американские компании: Leica Geosystems (Швейцария), Trimble (США), Teledyne Optech (Канада), FARO Technologies (США), RIEGL (Австрия). На рынке лидаров для БАС уже заметно присутствие китайских производителей (DJI, SureStar), в России лидары производятся компанией AGM Systems.

Применение лидарных данных широко распространено в мониторинге различных природных и антропогенных объектов, что показано в таблице 4.

Таблица 4. Примеры потребителей подсегмента лидарной съемки

Потребители	Примеры задач	Носитель
Инфраструктурные сети	Мониторинг состояния проводов, изоляторов	Пилотируемые и беспилотные ЛА
Геотехнический мониторинг	Мониторинг просадок грунтов, развития эрозионных процессов	Пилотируемые и беспилотные ЛА, РСА
Транспортные коммуникации	Мониторинг состояния дорожного полотна	Пилотируемые и беспилотные ЛА
Лесное хозяйство	Таксация лесов, мониторинг вырубок	Пилотируемые и беспилотные ЛА

Сегмент «Аэромониторинга с использованием сенсоров, работающих в невидимых частях электромагнитного спектра»

Помимо видимого спектрального диапазона в задача дистанционного мониторинга часто используются сенсоры, работающие за пределами видимого спектра. К ним относятся мультиспектральная и гиперспектральная аппаратура, тепловизоры. Такие данные несут большое количество полезной информации, нацеленной на обнаружение, классификацию, отождествление и выявление состояния объектов.

Мультиспектральные камеры обычно регистрируют информацию от трех до десяти диапазонов. Гиперспектральные камеры охватывают широкий спектральный диапазон (более 500) от 380 нм до 2500 нм, от ультрафиолетового через видимый до видимого ближнего инфракрасного (VNIR) и до коротковолнового инфракрасного (SWIR) спектра. Мультиспектральные и гиперспектральные камеры используются для мониторинга состояния объектов, обнаружения изменений, классификации объектов, выявления объектов, скрытых от взгляда человека.

гиперспектральная съемка будет оставаться востребованной в узких потребительских нишах, таких как сельское и лесное хозяйство.

Сегмент «Тепловизионная съемка»

Тепловизионные камеры работают в инфракрасной части спектра на длинах волн 4–12 мкм. Они могут детектировать тепловую энергию, излучаемую, отражаемую или передаваемую объектом. Профессиональные сенсоры могут иметь точность измерения $\pm 1^{\circ}\text{C}$. Наиболее распространенным продуктом, созданным на основе тепловых изображений, является ортотрансформированная мозаика, где отдельные пиксели имеют температурные значения.

Согласно исследованиям и прогнозу консалтинговой компании MarketsandMarkets [26] совокупный рынок тепловизионной съемки в 2021 году достиг показателя 3,6 млрд долларов США. Данный подсегмент представлен различными типами тепловизионных сенсоров, работающих в разных диапазонах и устанавливаемых на различные носители (ручные, авиационные, портативные и т.п.). Ключевым фактором развития данного рынка является глобальный рост аэрокосмической индустрии, внедрение термосенсоров в различные отрасли, рост затрат на исследования и разработки, а также увеличением инвестирования в наукоемкие технологии. Ожидаемый рост данного подсегмента – 4,7 млрд долларов США к 2026 году (CAGR – 5,5%). Наиболее перспективным регионом для тепловизионной съемки является Северная Америка.

Основные игроки рынка: FLIR Systems (США), Fluke Corporation (США), Leonardo (Италия), L3HARRIS Technologies (США), United Technologies (США), Axis Communications (Швеция), BAE Systems (Великобритания), Opgal (Израиль), Testo (Германия), Xenics (Бельгия), Thermoteknix Systems (Великобритания) и некоторые другие.

Перспективы развития рынка термосенсоров связывают с рынком беспилотного транспорта, где данные технологии будут использоваться совместно с другими активными и пассивными сенсорами, помогая ориентироваться в ночное время и холодные сезоны года.

Сегмент тепловизионных сенсоров характеризуется высокой востребованностью при решении регулярных задач по мониторингу в силу специфики наблюдаемых явлений. В первую очередь, это высокая динамика процессов, требующая наблюдения в режиме времени близкому к реальному, например, мониторинг пожаров. Для других видов мониторинга требуется выстраивание рядов регулярных наблюдений, выявляющих динамику процессов, например, прогноз состояния посевов. Практическим результатом

применения тепловизионной съемки является определение температуры поверхности земли, что даёт косвенную информацию о необходимом количестве воды для полива.

Примером создаваемой спутниковой группировки с тепловизионным сенсором для задач мониторинга сельскохозяйственных земель является контракт, заключенный в 2020 году между американской компанией Cybercorps и NASA по созданию компактной тепловизионной системы, предназначенной для размещения на наноспутниках [27] с пространственным разрешением, достаточным для мониторинга отдельных полей (80 метров / пкс.).

Таблица 5. Примеры потребителей сегмента тепловизионной съемки для мониторинга

Потребители	Примеры задач	Носитель	Периодичность
Городское управление	Снижение температуры в городе	Пилотируемые и беспилотные ЛА	Ежегодный мониторинг, суточный мониторинг.
Инфраструктурные сети	Предотвращение потерь тепла в системах центрального отопления	Пилотируемые и беспилотные ЛА	Еженедельный мониторинг.
Охрана природы	Мониторинг миграций крупных животных в зимний период	Пилотируемые и беспилотные ЛА	Разовые мониторинговые работы
Экологический мониторинг	Мониторинг зарастания водоёмов Мониторинг природных явлений	Пилотируемые и беспилотные ЛА, космические аппараты	Регулярный мониторинг в период цветения, контроль ледовой обстановки, наблюдение динамики снежного покрова, мониторинг лесных пожаров, состояния посевов

Мониторинг ЧС	Мониторинг пожаров	Пилотируемые и беспилотные ЛА, космические аппараты	Регулярный (ежедневный) мониторинг в пожароопасный сезон
Промышленное производство	Мониторинг перегрева эксплуатируемого оборудования Мониторинг выбросов	Пилотируемые и беспилотные ЛА, космические аппараты	Ежедневный или определенный техническими регламентами
Сельское хозяйство	Мониторинг состояния посевов и прогнозирование их развития	Пилотируемые и беспилотные ЛА, космические аппараты	Вплоть до ежедневного или определенного агротехническим и регламентами

1.2.3 Геоинформационное программное обеспечение и сервисы

Ожидается, что глобальный рынок геоинформационных систем и сервисов вырастет с 63,1 млрд долларов (2022 г.) до 147,6 млрд долларов в следующие пять лет. [28] Эксперты отмечают, что более высокие темпа роста рынка информационных продуктов (по сравнению с рынком исходных данных дистанционного зондирования) обусловлены увеличением частоты появления свежих космоснимков и возможностью создавать добавленную стоимость на основе постоянного анализа изменений, даже в случае использования недорогих снимков невысокого разрешения.

Глобальный рынок сервисов, связанных с обработкой данных ДЗЗ, получаемых спутниковыми группировками, оценивается в 6 млрд долларов США в 2020 году с прогнозом роста до 45,85 млрд долларов США к 2030 году (CAGR 22,5%) [29].

Несмотря на высокую востребованность предметных знаний в области геоданных, четыре технические новации последних десяти лет существенно снизили технологические барьеры для внедрения ГИТ: 1) графические процессоры, обеспечивающие рендеринг сложных многомерных сцен и существенный прирост в скорости обработки растровых данных 2) технологии API, нашедшие широкую поддержку среди многочисленных разработчиков и аналитиков данных 3) Мобильный интернет, способствующий развитию веб-

картографии и навигации 4) Развитие методов искусственного интеллекта (машинное зрение и машинное обучение).

Внедрение облачных технологий, параллельных вычислений, возможностей искусственного интеллекта, а также все более мощных геопространственных API и SDK будут способствовать ещё более глубокому проникновению геоинформационных технологий в различные сферы. Мониторинговые задачи требуют не только оперативного получения данных, но и максимально быстрой их обработки и анализа. Так, ещё 5 лет назад обработка 2000 снимков с БАС для задач мониторинга сельскохозяйственных полей могла занимать 7-10 дней в зависимости от производительности вычислительных средств, в настоящее время такой объем данных может быть обработан за пару часов в облачных сервисах, даже с учетом времени на загрузку и выгрузку данных.

Наибольшие перспективы открывает использование методов ИИ в задачах регулярного обследования территорий и объектов. Можно выделить два основных подхода, получивших наибольшее распространение: [30]

- извлечение данных из снимков методами машинного обучения на основе обучающих выборок;
- построение прогнозных моделей методами машинного обучения на основе накопленных данных.

1.2.4 Сегмент Ситуационных центров

Современный рынок ситуационных центров достиг \$1 млрд [7]. При этом растет рынок информационных систем, в частности, геоинформационных систем (ГИС), которые лежат в основе СЦ.

Для рынка ситуационной осведомленности прогнозируется рост с \$ 17.2 млрд в 2020 до \$ 21.8 млрд в 2025 со среднегодовым темпом роста 4.9% между 2020 и 2025. Главными факторами роста рынка являются увеличивающийся спрос на решения в сфере авиации и обороны, возрастающее значение для кибербезопасности. Прогнозируется, что сенсоры (как наземные, так и воздушные) удержат наибольшую долю рынка технических компонентов. По типам продукции прогнозируется, что системы командования и контроля станут лидирующими в развитии рынка.

Появление группировок малых КА ДЗЗ из десятков и сотен спутников является ответом рынка на потребность в повышении оперативности и повторяемости съёмки. Результатом этого становится насыщение рынка снимками и снижение стоимости снимков, и, как следствие, создание ситуационных центров.

Сегмент «Гибридные системы мониторинга»

Рынок гибридных систем мониторинга [7] только развивается, формируются бизнес-модели и технологические процессы. Особенностью данного рынка, является ориентация на взаимное использование данных космического и аэромониторинга. Гибридная система позволяет реализовать функции мониторинга территории с комплексным использованием средств в зависимости от требований по срочности, точности и стоимости. Предпосылками для развития этого рыночного направления стало неравномерное наличие архивных космических данных сверхвысокого и высокого разрешения, а также стереосъемки в зависимости от территории, нормативные ограничения на полёты и обработку данных съемки с пилотируемых и беспилотных ЛА. Что касается стоимости данных, то заказ аэрофотосъемочных работ с использованием БАС и заказ новой космической съемки обходится конечному заказчику примерно в одинаковую сумму.

Основным продуктом съемки гибридных аэрокосмических систем ДЗЗ на данный момент является глобальное (для всего мира, национальной территории страны, Федерального округа или субъекта Федерации) мозаичное мультимасштабное покрытие, регулярно обновляемое в зависимости от потребностей экономического развития региона. Исторически первой коммерческой мультимасштабной веб-платформой с глобальным покрытием данными спутниковой и аэрофотосъемки является геосервис Google Планета Земля (Google Earth, с 2005 года). Его глобальную основу составляет спутниковая мозаика Landsat с разрешением 15-20 м и координатной точностью ~30 м, населенные пункты, объекты инфраструктуры и туристические зоны детализированы с помощью космоснимков компаний Махар и Airbus DS с разрешением 0,5-1,5 м, а также данными аэрофотосъемки с разрешением 0,1-0,3 м. Детальные покрытия спутниковой и аэрофотосъемкой регулярно обновляются в зависимости от частоты обращений пользователей сервиса. Стоит отметить активное внедрение технологий бесшовного перехода от воздушной съемки к наземной съемке. Эта задача может решаться различными способами, но ключевым станет единая среда обработки данных космической, аэро и наземной съемки.

Объем данного рынка в настоящее время сложно вычислить, т.к. он включает в себя и рынок аэрофотосъемки и рынок космической съемки, а также рынок геоинформационных сервисов.

1.2.5 Рынок мониторинга состояния атмосферы и прогноза погоды

Использование данных ДЗЗ на ранних этапах развития нашло своё применение при мониторинге состояния атмосферы, что способствовало пониманию того, как происходит глобальное движение воздушных масс, как формируются и куда движутся циклоны, какие факторы влияют на состояние атмосферы в разных уголках Земли. Именно наличие данных глобального космического мониторинга состояния атмосферы позволило обеспечить население планеты точными прогнозами погоды на несколько дней вперёд. Космические спутниковые метеосистемы образуют орбитальный компонент глобальной системы наблюдений Всемирной метеорологической организации (WMO – World Meteorological Organization). [31]

Основные операторы систем КА оперативного метеонаблюдения: NASA (National Aeronautics and Space Administration) и NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) (США), ESA (European Space Agency) и европейское космическое агентство и метеорологическая организация EUMETSAT, Китайское национальное космическое управление CNSA (China National Space Administration) и CMA (China Meteorological Administration), Индийская организация космических исследований ISRO (Indian Space Research Organisation) и Метеорологический департамент Индии IMD (India Meteorological Department), Госкорпорация «Роскосмос» и Росгидромет (Россия), Корейский институт аэрокосмических разработок KARI (Korea Aerospace Research Institute) и Корейская метеорологическая администрация KMA (Korea Meteorological Administration), Японское агентство аэрокосмических исследований JAXA (Japan Aerospace Exploration Agency) и Японское метеорологическое агентство JMA (Japan Meteorological Agency). Им принадлежат 34 находящихся на эксплуатации на начало 2021 года космических аппарата оперативного метеонаблюдения.

Рынок прогноза погоды комплексный, состоящий из разных компонентов [32]:

- Сегмент дистанционного мониторинга: космический и наземный
- Сегмент моделирования: обработка и анализ данных, построение погодных моделей
- Сегмент приложений: прогнозы погоды (краткосрочные, долгосрочные, онлайн)
- Сегмент аналитики: обогащение данных, аналитика на основе прогнозов погоды.

Глобальный рынок прогнозирования погоды оценивался в 1,63 миллиарда долларов в 2020 году с ожидаемым ростом до 4,19 млрд долларов в 2030 (CAGR – 10,3%). [33]

Рынок характеризуется большой ролью государственного заказа. С тем же, исполнителями госзаказа часто становятся частные космические компании, например такие как Spire и GeoOptics имеющие контракты с NOAA и EUMETSAT.

Мониторинговые космические группировки делают не только возможным прогнозирование погоды, но и предоставляют информацию для разных отраслей. Например, обеспечивают мониторинг космической погоды (гелиогеофизическая служба), что чрезвычайно важно для устойчивой работы спутников и систем навигации и связи. Океанографическое обеспечение: предоставление данных о состоянии ледовых покровов, нахождения крупных айсбергов, температуры вод, направление течений и т.п. Мониторинга возникновения и развития ЧС (крупные пожары, наводнения), мониторинг загрязнения окружающей среды (нефтеразливы, выбросы в атмосферу), мониторинг глобальных изменений климата Земли и изучения климатообразующих факторов (изменение состояния лесов, зоны опустынивания, изменение русел рек и т.п.).

Климатические изменения имеют прямое влияние на экономики многих стран, что заставляет их вкладываться в системы мониторинга атмосферы. Так, Китай планирует создание новой глобальной системы сбора высокоточных метеорологических данных на основе интерпретации сигналов, передаваемых со спутников. Глобальная метеорологическая группировка будет основываться не на получении оптических данных, а на измерении частоты, фазы и амплитуды сигналов, передаваемых навигационными спутниками, регистрируя, как они изменяются после прохождения через разные слои атмосферы. Полученные данные позволят метеорологам рассчитать температуру, влажность и давление атмосферы, а также плотность ионосферы. [34]

1.3 Темпы роста

Согласно оценкам экспертов международной компании по исследованию рынков Grand View Research, Inc., глобальный рынок технологий дистанционного зондирования земли будет расти с 2020 по 2027 год совокупными среднегодовыми темпами роста (CAGR) в 11,6% и достигнет к 2027 году объема более 29,6 млрд. долл. США (в 2020 г. он составил 13,8 млрд. долл. США) [35]. Применительно к Европе (ЕС27) рост рынка прогнозируется со среднегодовыми темпами 8,8%. Однако в критически важных секторах экономики, таких как ИТ-технологии, интернет вещей, сельское хозяйство и рынок живых ресурсов, среднегодовые темпы роста

превысят 13%. В перспективе подавляющую долю рынка (около 60%) будут по-прежнему составлять относительно недорогие технологии пассивного дистанционного зондирования Земли, технологии активного ДЗЗ (РСА, лидары) лидируют по темпам роста. Прогнозируется, что к 2027 году рынок активного наблюдения Земли из космоса вырастет в 2 раза.

Таблица 6. Прогноз роста сегментов рынка ДЗЗ и мониторинга.

Сегмент	Темпы роста (CAGR, %)	Объем (млрд долларов США)	Целевой период (год)
Дистанционное зондирование Земли из космоса	7,2	11,3	2031
Разработка и производство радиолокаторов космического базирования	10,7	5,51	2028
Аэромониторинг и аэросъемка с пилотируемых ЛА	14,2	8,52	2030
Аэромониторинг и аэросъемка с использованием БАС	57,78	63,6	2025
Разработка и производство лидаров для пилотируемых и беспилотных ЛА	21,6	3,4	2026
Тепловизионная съемка (создание и разработка)	5,5	4,7	2026
Геоинформационное программное обеспечения и сервисы	22,5	45,85	2030
Сегмент ситуационных центров	4,9	21,8	2025
Рынок мониторинга состояния атмосферы и прогноза погоды	10,3	4,19	2030

1.4 Жизненный цикл рынка

Для описания жизненного цикла технологий ДЗЗ и мониторинга возможно использование Кривой Гартнера, представляющей собой графическое отображение цикла зрелости технологий, представляющего собой поэтапный процесс, через который проходит любая инновационная бизнес-модель или технология от стадии хайпа до продуктивного

использования. Такая S-образная кривая имеет пять участков, отражающих каждую из пяти фаз цикла:

— Инновационный триггер – фаза запуска, когда потенциальная технология «прорывается в свет». К таким технологиям можно отнести космические гиперспектрометры высокого разрешения, обработку данных ДЗЗ на орбите, облачные технологии для обработки данных ДЗЗ.

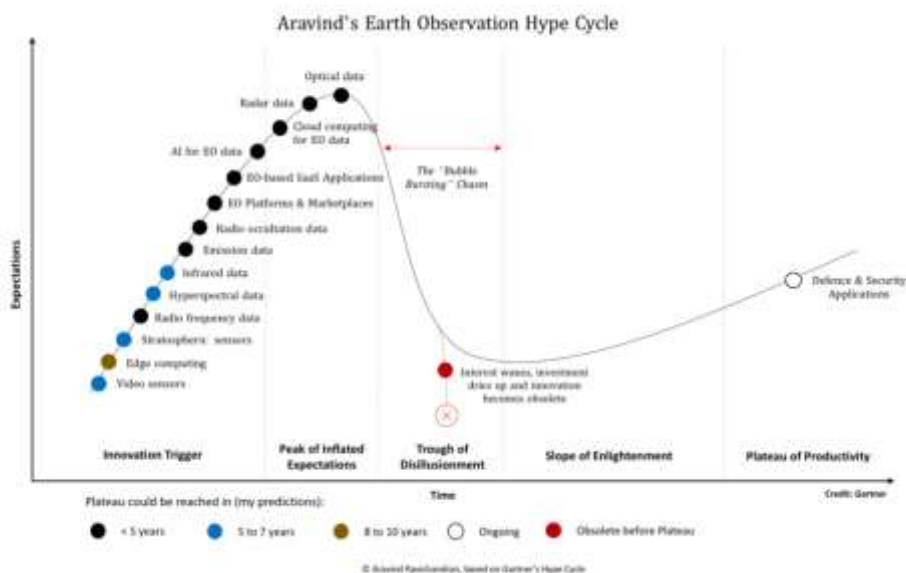
— Пик завышенных ожиданий – фаза ажиотажа, когда новизна делает технологию предметом широкого обсуждения в обществе. К этой фазе можно отнести мультиспектральной съемки, космические группировки, способные проводить повторную съемку территории с высокой интенсивностью (до нескольких раз в сутки).

— Пропась разочарования – фаза ослабления интереса по мере того, как реализация не приносит результатов. Сюда можно отнести видеосъемку из космоса, которая так и не стала коммерческим продуктом. Мультиспектральную съемку с использованием БАС, обработка которой является достаточно сложной процедурой.

— Склон просветления – фаза реабилитации, в рамках которой действительно актуальные технологии после некоторой адаптации находят применение. В этом сегмента появляются радиолокационные технологии, за счет появления новых группировок, существенно снижающих стоимость данных.

— Плато продуктивности – фаза поэтапного применения технологии на рынке, после того как она доказала свою состоятельность и экономическую выгоду. К таким технологиям относятся лидарная съемка, тепловизионная, оптическая.

На рисунке 6 представлена Кривая Гартнера от ведущего мирового эксперта в области ДЗЗ А. Аравинда [38].



1.5 Тренды

Согласно мнению экспертов, два ключевых тренда будут оказывать наибольшее влияние на развитие рынка ДЗЗ и мониторинга [39, 40, 41, 42]:

- Увеличение скорости передачи данных
- Доступность облачных вычислительных сервисов

Тренды в области ДЗЗ из космоса

Все большая перестройка операторов с продажи «сырых» данных на продажу обработанных данных, готовых продуктов или конечных сервисов. Эта же модель становится ключевой у всех новых космических стартапов. Кроме того, операторы готовы объединяться в так называемые «виртуальные» группировки. Такие «группировки» позволяют конечному пользователю заказывать снимок с нужными параметрами, а с какого конкретно аппарата он будет получен, уже не важно.

Изменение парадигмы работы с конечным заказчиком: от формирования огромного архива данных к проведению съемки и передаче её заказчику в режиме близком к реальному времени. Безусловно, архивные данные были и будут востребованы, особенно для моделирования долговременных процессов, но в нынешнем мире планирование уже строится на информации о происходящем «здесь и сейчас» (nowcasting). С тем же, обещанные массовые сервисы приема данных, например от Amazon, пока не «взлетели».

Снижение цены на новую съемку и минимальную площадь. До тех пор, пока цена на снимки не снизится в разы и можно будет купить 1 км² съемки, а не минимально 25–100 км², использование данных ДЗЗ не станет таким массовым, на которое рассчитывают операторы. Этот вопрос крайне актуален при интеграции сервисов заказа съемки в стороннее ПО и сервисы. Это, скорее всего, одна из причин, почему для обучения нейросетей используют сгенерированные «космические снимки», закупать настоящие весьма дорого.

Многочисленные отчеты стараются обходить стороной два очень важных момента для космического ДЗЗ: роль программ Landsat и Sentinel и конкуренцию со стороны беспилотных систем. Бесспорно, миссии Landsat и Sentinel сделали для развития гражданского космоса гораздо больше, чем коммерческая сверхвысокодетальная съемка. Интересно наблюдать как конкурирует аэро и космосъемка. Операторы сверхвысокого космического разрешения сейчас используют лозунги, ранее характерные только для

аэросъемки, а многочисленные владельцы дронов, вооружившись большим количеством сменных аккумуляторов берутся за большие площади съемки.

Рост радиолокационных группировок. Всепогодность и возможность вести съемку ночью могут обеспечить круглосуточный мониторинг любого места на планете с помощью космических радиолокаторов с синтезированной апертурой антенны. Скрыть что-либо станет гораздо сложнее. Ещё одним их преимуществом является возможность интерферометрической съемки, результатом которой является высокоточное определение смещений и деформаций.

Мультиспектральная и гиперспектральная съемка. Есть несколько стартапов, которые заявляют создание гиперспектральных группировок, но каких-то технологических прорывов, кроме как активного использования инфракрасного канала пока не наблюдается.

Другое перспективное направление использования космических снимков — формирование цифровых двойников и метавселенных. Интересным моментом является то, что сами по себе эти продукты не являются конечными, а зачастую выступают основной для последующего обучения нейросетей или создания моделей управления разными ситуациями, а также основной для создания компьютерных игр [43].

Тренды в области геоинформационных технологий

Как правило, сложившиеся пользователи космической съемки из сферы картографии, землеустройства, лесного хозяйства могут довольствоваться архивной съемкой [44, 45], тогда как стартапы рассчитывают на новых пользователей, которым нужна максимально оперативная информация. В первую очередь это аналитические компании, как например Orbital Insight, которые мониторят экономическую активность. Цена просчёта или даже непредвиденной задержки в глобальных цепочках поставок сейчас крайне высока. За информацию о том, что происходит в данный момент и что стоит ожидать в течение нескольких часов и суток готовы платить.

Нейросетями в ДЗЗ сейчас никого не удивить. Для геоинформационного ПО становится стандартом наличие инструментов формирования обучающих выборок и проведения нейросетевой обработки. Многочисленные AI (ИИ) сервисы предлагают разные сценарии и выходные продукты: от контуров домов и дорог, до повышения разрешения снимков в 5–10 раз. Использование методов ИИ, наряду с общим технологическим развитием существенно сокращает время извлечения нужной информации. Активно формируются библиотеки образов, растёт автоматизация разметки, используется автоматическая валидация результатов нейросетевой обработки, всё это ведёт

к увеличению доступных данных об объектах и способствует развитию аналитических решений [46].

Тренды в сегменте аэросъемки

Миниатюризация сенсоров и навигационного оборудования для БАС позволило выполнять с использованием легких аппаратов работы геодезического класса. Тенденция к миниатюризации навигационных и лидарных датчиков для использования на БАС будет продолжаться.

Наряду с миниатюризацией происходит объединение датчиков, когда инструменты аэросъемки включают более одного типа сенсоров. Распространенным вариантом является комбинация надирной и наклонной аэрокамер с лазерным сканером в одном приборе. Преимущества такого использования очевидны, так как в процессе съемки получается три типа данных, каждый из которых регистрируется вместе с другими с использованием одного и того же набора навигационных данных. Этот мультисенсорный подход также дает преимущества на этапе обработки данных благодаря созданию цифровой модели поверхности в виде плотного облака точек.

Во многих странах стала возможна эксплуатация БАС за пределами прямой видимости (BVLOS). Преимущества BVLOS будут реализованы тогда, когда время полета БАС будет увеличено за счет усовершенствованных аккумуляторных батарей или использования двигателей внутреннего сгорания. Ожидается, что возможность находится долго в воздухе принесет больше пользы БАС самолётного типа, чем гексакоптерам или вертолётам.

Высотные псевдоспутники. Разработка высотных псевдоспутников предлагает платформу наблюдения Земли на высотах от 20 до 50 км над уровнем моря. Эти легкие беспилотные платформы с миниатюрными датчиками питаются от солнечной энергии. В настоящее время они имеют продолжительность полета до трех месяцев, но пока не находят коммерческого спроса.

1.6 Барьеры и риски

По мнению авторов, барьеры рынка ДЗЗ и мониторинга не лежат в технологической плоскости, а выражены в нормативных ограничениях и недостатке осведомленности потенциальных потребителей о возможностях ДЗЗ.

Главным барьером была и остаётся низкая осведомленность бизнеса, государственных органов, граждан о том, какие данные могут быть получены

при использовании данных ДЗЗ, как они используются при решении задач. Приходится констатировать факт, что доступность таких сервисов как Google Maps, Яндекс Карты, 2ГИС ассоциируются с профессиональными решениями, хотя и не являются таковыми. Остаётся большая проблема в знаниях о ДЗЗ среди неспециалистов. Так, в структуре подготовки по направлениям менеджмент, экономика, маркетинг отсутствует упоминание важности и возможностей геопространственных данных, ГИС, ДЗЗ. Таким образом, именно те специалисты, которые отвечают за принятие решений, не имеют представления о специфике ДЗЗ. Также, на образовательном рынке, который в данный момент активно развивается благодаря большому выбору онлайн курсов, отсутствуют курсы в области ДЗЗ и ГИС, предназначенные для широкого круга специалистов.

Нормативно-правовые ограничения. Несмотря на глубокое понимание правительствами всех стран важности снятия правовых ограничений на использование данных ДЗЗ, процессы ослабления законодательств происходят крайне медленно. Так, Правительство России утвердило новые сроки реализации концепции интеграции беспилотных летательных аппаратов в единое воздушное пространство РФ. Первый - организационный - этап концепции, который ранее планировалось завершить до 2023 года, теперь ограничен 2024 годом. На этом этапе должны быть упрощены процедуры для организации полетов БАС, внедрены сервисы для их электронной регистрации и учета, установлены правила подготовки и выполнения полетов. Крайний срок реализации второго - технологического - этапа перенесен с 2027 на 2030 год. Запланирована разработка технологий по обеспечению безопасности полетов БАС, создание инфраструктуры связи, систем навигации и наблюдения. При этом, как сообщал глава правительства Михаил Мишустин, электронная компонентная база, программно-аппаратные комплексы и цифровые платформы должны быть преимущественно российской разработки. Параллельно в рамках второго этапа концепции будет проводиться законодательная работа. Крайний срок третьего - цифрового - этапа смещен с 2030 на 2035 год. В этот период планируется создать техническую инфраструктуру для обеспечения безопасности полетов БАС.

Федеральный закон о ДЗЗ из космоса также в данный момент находится в стадии согласований с ведомствами, несмотря на полученное одобрение Правительства [47].

Существенным барьером является отнесение аэроснимков к сведениям, составляющим государственную тайну. После каждой аэросъемки необходимо проходить процедуру «контрольного» просмотра, которая занимает от 30 дней. В таком случае невозможно говорить об оперативности

получения данных. Данный барьер не является уникальным для России, а распространён широко по миру.

Вслед за развитием популярных массовых сервисов, растут и профессиональные потребительские запросы. Все чаще пользователи сервисов ДЗЗ хотят иметь не только традиционные ортофотопланы, карты, векторы, но и полноценные трехмерные модели, разновременной анализ, узкие тематические данные, представленные в виде отчетов [44,45]. Новые пользовательские запросы, ускорение бизнес-процессов, повышение скорости принятия решений требуют от разработчиков программных решений максимальный уровень производительности, автоматизации и поддержки большого количества форматов геоданных, получаемых различными системами ДЗЗ. Такая гонка заставляет разработчиков, с одной стороны, ориентироваться на максимально производительные компьютерные технологии, которые отнюдь не дешевы и требуют значительных затрат, а с другой стороны, заставляет их переосмысливать алгоритмы выполнения технологических операций, созданные много лет назад. Не все разработчики готовы преодолеть такой технологический вызов.

Ещё одним не технологическим барьером является низкая гибкость бизнес-моделей операторов космической и аэросъемки. Для космических систем мониторинга ключевым вопросом является «коммодитизация» данных, т.е. способность покупателя быстро приобрести нужный товар. В настоящий момент процесс покупки данных ДЗЗ до сих пор представляет собой долгую переписку с оператором или поставщиком снимков. Несмотря на наличие удобных инструментов поиска данных, процесс покупки всё ещё не автоматизирован в силу различных юридических и финансовых ограничений.

Немаловажным вопросом стала кибербезопасность. Захотят ли пользователи обрабатывать свои данные в облачных сервисах, не обладая уверенностью в отсутствии доступа посторонних лиц к их данным? Данные мониторинга обладают особой ценностью, демонстрируя динамику процессов, в отличие от статичных единичных снимков, фиксирующих состояние. Доступ к таким данным открывает прямой доступ к корпоративным экономическим прогнозам. С тем же, по мнению ряда специалистов, защищенность наиболее популярных облачных сервисов от несанкционированного доступа к пользовательским данным выше, чем возможная защита корпоративных систем.

Технологии искусственного интеллекта уже сейчас способны генерировать изображения, неотличимые от художественных произведений, созданных человеком. Всё актуальнее становится вопрос о внесении

изменений в космические снимки на стороне оператора при продаже данных в те или иные «недружественные» страны. Помимо внесения изменений в снимки, возможные угрозы несут в себе взломы ПО для приема и обработки данных, доступ к базам данных. Во многих случаях лицензионные соглашения на использование различных облачных приложений указывают, что данные пользователя могут быть использованы и переданы третьим лицам.

Не исключена возможность сбора сведений через ПО для получения данных ДЗЗ. Например, в США существенно ограничено использование БАС от DJI, так как формирование полётного задания передаётся на сервера DJI, полученные материалы тоже могут быть обработаны на серверах DJI. Такая информация может быть крайне чувствительная к разглашению [48].

1.7 Нормативно-правовое регулирование

Состояние правового регулирования сферы ДЗЗ и мониторинга играет ключевую роль для развития технологий на национальном уровне, обеспечивает конкурентные преимущества национальных компаний на глобальном рынке технологий ДЗЗ, определяет формы взаимодействия с международными партнёрами.

Регулирование в области ДЗЗ тесно связано с регулированием оборота пространственных данных, традиционно относящихся к сфере геодезии и картографии, к системам метрологического регулирования (средства измерений), к положениям о защите государственной тайны, экологического мониторинга и других смежных отраслях.

За последние годы было выполнено несколько значимых работ, раскрывающих состояние нормативно-правового регулирования в области ДЗЗ на глобальном уровне и в России. В области международного космического права стоит опираться на публикацию Попова С.М., Уваров В.Б., Яник А.А. Регулирование дистанционного зондирования Земли из космоса: международный опыт. [49]

Российское регулирование рассмотрено в исследовании «Нормативное обеспечение сферы применения аэрофото- и космосъёмки для фиксации административных правонарушений» АНО «ЦЕНТР «АЭРОНЕТ», 2018 г. [50]

Международное регулирование. На международном уровне деятельность в области ДЗЗ регулируется следующими основополагающими актами: Конвенция о передаче и использовании данных дистанционного зондирования Земли из космоса (заключена в Москве, 19 мая 1978 г.); Принципы по дистанционному зондированию Земли из космоса (утверждены Резолюцией 41/65 Генеральной Ассамблеи ООН от 3 декабря 1986 г.). В

частности, в Принципах по ДЗЗ из космоса 1986 г. даны определения основных понятий (дистанционное зондирование, первичные данные, обработанные данные, проанализированная информация, деятельность по дистанционному зондированию), а также установлены общие рамки осуществления такой деятельности.

Современные подходы государств и региональных объединений к регулированию отношений в области ДЗЗ из космоса различны, но в целом формально укладываются в рамки трех правовых моделей [51] 1) Принятие специальных актов, регулирующих ДЗЗ (специальные законы о ДЗЗ, стандарты и пр.). 2) Регулирование ДЗЗ в рамках общего закона о космической деятельности (нормы в законах о космической деятельности). 3) Отношения в сфере ДЗЗ регулируются законами и правовыми актами, не имеющими прямого отношения к космической деятельности (например, законодательство в сфере экспортного контроля, торговли, информации, связи и пр.). Обобщение практического опыта государств также показывает большое разнообразие организационных схем регулирования сектора ДЗЗ, но принципиально можно выделить два ключевых подхода: 1) Регулирование деятельности в области ДЗЗ осуществляют только государственные структуры. 2) Государство устанавливает общие рамки и принципы деятельности в области ДЗЗ, а конкретные вопросы решаются путем саморегулирования (в частности, через неправительственные организации, объединяющие стейкхолдеров ДЗЗ).

Среди институциональных подходов наиболее распространенной моделью в мире является полный государственный контроль всех аспектов космической деятельности, включая ДЗЗ.

Страновые подходы в области **доступа к данным ДЗЗ** и их распространения делятся на две большие группы: (а) полностью государственное регулирование (органы государства или государственные агентства); (б) государственно-частная модель (основные принципы устанавливает государство, детали – негосударственная или коммерческая структура, имеющая право получать, хранить, обрабатывать и распространять данные ДЗЗ).

Российское регулирование. В настоящее время дистанционное зондирование Земли из космоса частично или даже косвенно затрагивается рядом законодательных актов:

— Закон Российской Федерации от 20 августа 1993 г. № 5663-1 «О космической деятельности» (далее – Закон о КД);

— Федеральный закон от 13 июля 2015 г. № 215-ФЗ «О Государственной корпорации по космической деятельности «Роскосмос»;

— Федеральный закон от 13 июля 2017 г. № 46-ФЗ «О внесении изменений в Закон Российской Федерации «О космической деятельности».

Федеральным законом устанавливается, в частности:

— порядок создания федерального фонда данных дистанционного зондирования земли из космоса;

— порядок его функционирования

— порядок взимания и размер платы за предоставление информации из фонда;

— полномочия Правительства РФ по определению порядка деятельности фонда данных;

— полномочия уполномоченного органа по космической деятельности по организации создания и ведения фонда данных.

Фонд данных дистанционного зондирования земли собирает все доступные данные дистанционного зондирования земли, систематизирует их и предоставляет в установленном законом порядке заинтересованным лицам, как на платной, так и на бесплатной основе. Данные из федерального фонда бесплатно предоставляются государственным органам власти и органам местного самоуправления, а также юридическим и физическим лицам, если такие данные им нужны для исполнения ими государственных или муниципальных контрактов.

— Закон Российской Федерации от 04 мая 2011 г. № 99 «О лицензировании отдельных видов деятельности»;

— Федеральный закон от 27 июля 2006 г. № 149-ФЗ «Об информации, информационных технологиях и о защите информации»;

— Федеральный закон от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании».

Основное регулирование области ДЗЗ осуществляется рядом нормативно-правовых актов (постановлений Правительства Российской Федерации):

— от 10 июня 2005 г. № 370 «Об утверждении Положения о планировании космических съемок, приеме, обработке, хранении и распространении данных дистанционного зондирования Земли с космических аппаратов гражданского назначения высокого (менее 2 метров) разрешения»;

— от 22 февраля 2012 г. № 160 «О лицензировании космической деятельности»;

— от 17 декабря 2014 г. № 1390 «О публичном использовании данных дистанционного зондирования Земли из космоса, получаемых с зарубежных и российских космических аппаратов гражданского назначения»;

— от 7 июля 2015 г. № 682 «О полномочиях федеральных органов исполнительной власти в области использования результатов космической деятельности»;

— от 31 мая 2019 г. № 689 «Об определении оператора федерального фонда данных дистанционного зондирования Земли из космоса и его полномочий»;

— от 29 июня 2019 г. № 840 «Об утверждении Правил определения размера платы за предоставление данных дистанционного зондирования Земли из космоса и копий данных дистанционного зондирования Земли из космоса, содержащихся в федеральном фонде данных дистанционного зондирования Земли из космоса»;

— от 24 августа 2019 года № 1086 «Об утверждении Правил создания и ведения федерального фонда данных дистанционного зондирования Земли из космоса и Правил передачи федеральными органами исполнительной власти, подведомственными им бюджетными и казенными учреждениями копий данных дистанционного зондирования Земли из космоса для включения в федеральный фонд данных дистанционного зондирования Земли из космоса»;

— от 24 августа 2019 года № 1087 «Об утверждении Положения о порядке и особенностях предоставления данных дистанционного зондирования Земли из космоса, получаемых с космических аппаратов»;

— от 24 августа 2019 года № 1088 «Об установлении порядка взаимодействия федерального фонда данных дистанционного зондирования Земли из космоса с другими государственными фондами»;

— от 24 августа 2019 года № 1377 «Об утверждении Регламента информационного взаимодействия федерального фонда данных дистанционного зондирования Земли из космоса и федерального фонда пространственных данных».

Указанные постановления Правительства Российской Федерации содержат в себе нормы, требующие систематизации и обобщения на уровне федерального закона.

В настоящее время проходит согласование Проект федерального закона о дистанционном зондировании Земли из космоса. Принятие законопроекта устранил пробелы в законодательстве в области космической деятельности по дистанционному зондированию Земли из космоса, обеспечив единый подход к регулированию общественных отношений, возникающих в процессе этой деятельности.

В действующем российском законодательстве в области ДЗЗ из космоса не определены и требуют правового закрепления:

— требования к порядку предоставления данных ДЗЗ из космоса и продуктов, созданных на их основе, информационная поддержка процесса доведения данных до пользователей, порядок сертификации данных, критерии оценки качества данных, сервисов и продуктов, созданных на их основе;

— меры государственной поддержки и иные меры стимулирования использования данных ДЗЗ из космоса, а также меры, направленные на создание условий для развития коммерциализации деятельности в области дистанционного зондирования Земли (создание условий, стимулирующих участие бизнес-сообщества, научных, образовательных и некоммерческих организаций, в разработке решений по вопросам совершенствования и развития деятельности по ДЗЗ из космоса, подготовка высококвалифицированных кадров в области ДЗЗ из космоса);

— правовые основы информационного, научно-технического, экономического взаимодействия уполномоченного органа по космической деятельности с федеральными органами исполнительной власти, органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации, в том числе при использовании данных в качестве доказательной базы при осуществлении контрольно-надзорной деятельности.

Госкорпорацией «Роскосмос» с целью создания единого законодательного акта в области ДЗЗ из космоса разработан, прошел публичные обсуждения, а также необходимые процедуры согласования проект федерального закона «О дистанционном зондировании Земли из космоса». Законопроект о ДЗЗ является необходимым дополнением в системе законодательства Российской Федерации, регулирующего вопросы, относящиеся к сфере космической деятельности, наряду с перечисленными выше законодательными актами. [52,53]

Принятие Законопроекта о ДЗЗ устранил пробелы в законодательстве в области деятельности по дистанционному зондированию Земли из космоса, обеспечив единый подход к регулированию общественных отношений, возникающих в процессе этой деятельности. Также принятие законопроекта позволит создать условия для развития коммерческого сектора дистанционного зондирования Земли из космоса и, как следствие, будет способствовать развитию российского рынка данных ДЗЗ из космоса.

С целью детализации и дополнения норм Законопроекта о ДЗЗ нормативно-правовая база ДЗЗ из космоса будет подкреплена рядом нормативно-правовых актов (постановлений Правительства Российской Федерации):

— получении и распространении данных дистанционного зондирования Земли из космоса, получаемых с негосударственных

космических аппаратов, в том числе на основе государственно-частного партнерства;

- Национальном центре ДЗЗ из космоса;
- об утверждении статуса Оператора российской космической системы дистанционного зондирования Земли государственных космических аппаратов гражданского назначения и его полномочий;
- об Операторе космических средств дистанционного зондирования Земли из космоса;
- об утверждении положения о порядке использования цифровых сервисов и услуг, создаваемых на основе данных дистанционного зондирования Земли», в рамках реализуемого Госкорпорацией «Роскосмос» проекта «Цифровая Земля» на федеральном, региональном и муниципальном уровнях.

Помимо указанных нормативно-правовых актов Госкорпорацией «Роскосмос» в рамках Федеральной космической программы России на 2016 – 2025 годы и Программы Союзного государства «Интеграция-СГ» развернуты работы по разработке и принятию национальных стандартов в области дистанционного зондирования Земли из космоса, что позволит повысить эффективность их использования. После принятия всех вышеперечисленных документов нормативно-правовая база ДЗЗ из космоса будет обеспечена. [47]

В сфере регулирования оборота пространственных данных (производных продуктов, получаемых на основе данных ДЗЗ), наиболее актуальными являются следующие нормативно-правовые акты:

- ГОСТ Р 70316-2022 (ИСО 19112:2019) «Пространственные данные. Пространственная привязка по географическим идентификаторам». Необходимость разработки данного стандарта обусловлена требованиями национального стандарта ГОСТ Р 58570-2019 (ISO 19112:2003) Инфраструктура пространственных данных. Общие требования, который предусматривает применение единой системы присвоения пространственным объектам уникальных идентификаторов, в которую можно будет интегрировать используемые на различных уровнях идентификаторы для обеспечения их интероперабельности.

- ГОСТ Р 70317 -2022 (ISO/TS 19115-3:2016) «Пространственные данные. Метаданные. Часть 3. Реализация XML-схемы для основных понятий». Разработанный национальный стандарт представляет собой третью часть национального стандарта на метаданные, который включает: ГОСТ Р 57668-2017 (ИСО 19115-1:2014) «Пространственные данные. Метаданные. Часть 1 – Основные положения» и ГОСТ Р 57656-2017 (ИСО 19115-2:2009)

«Пространственные данные. Метаданные. Часть 2 – Расширения для изображений и матричных данных».

— ГОСТ Р 70318-2022 «Инфраструктура пространственных данных. Единая электронная картографическая основа. Общие требования».

ЕЭКО представляет собой систематизированную совокупность пространственных данных обо всей территории Российской Федерации. Национальный стандарт определяет общие требования к сведениям (пространственным данным, наборам пространственных данных) единой электронной картографической основы и к справочным сведениям, используемым для мониторинга актуальности единой электронной картографической основы. Стандарт предназначен для систематизации процессов сбора, обработки и хранения сведений единой электронной картографической основы, обеспечения информационного взаимодействия информационных систем с целью предоставления сведений единой электронной картографической основы органам государственной власти, органам местного самоуправления, подведомственным им государственным и муниципальным учреждениям и иным юридическим и физическим лицам. Закон устанавливает требования к информационному обеспечению выполнения геодезических и картографических работ, в том числе к созданию, эксплуатации и развитию федерального портала пространственных данных и региональных порталов пространственных данных, к созданию и обновлению единой электронной картографической основы.

С 2022 года начала работу государственная информационная система Федеральный портал пространственных данных (ФППД), посредством которой осуществляется поиск и прием заявлений о предоставлении пространственных данных и материалов, содержащихся в федеральном фонде пространственных данных, а также заявлений о предоставлении сведений единой электронной картографической основы.

В 2022 году приняты ГОСТы в сфере методов искусственного интеллекта для обработки мониторинговых данных ДЗЗ (ГОСТы приведены в Приложении 4). ГОСТы внесены Техническим комитетом по стандартизации ТК 164 «Искусственный интеллект». ГОСТы разработаны ФГАОУВО Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики».

Премьер-министр Михаил Мишустин в 2022 году подписал постановление Правительства об утверждении положения о федеральной государственной информационной системе **«Единая цифровая платформа «Национальная система пространственных данных»** [54].

К основным функциям системы отнесены:

а) поиск, сбор, создание, хранение, обработка, предоставление и распространение пространственных данных, включенных в систему;

б) ведение государственных и иных информационных ресурсов, необходимых для функционирования национальной системы пространственных данных;

в) информационное взаимодействие, включая обмен сведениями, системы, государственных и иных информационных систем, государственных и иных информационных ресурсов;

г) предоставление пользователям пространственных данных, включенных в систему, в том числе посредством портала пространственных данных «Национальная система пространственных данных», входящего в состав системы;

д) предоставление государственных и муниципальных услуг, связанных с использованием пространственных данных, посредством информационного взаимодействия с федеральной государственной информационной системой «Единый портал государственных и муниципальных услуг (функций)»;

е) функционирование электронных сервисов портала, связанных с использованием пространственных данных, а также программ для электронных вычислительных машин и баз данных, обеспечивающих проведение анализа пространственных данных и формирование отчетности и аналитики. Оператором системы будет выступать публично-правовая компания «Роскадастр». Система должна обеспечить информационное взаимодействие с ведомственными системами Минстроя, Роскосмоса, Минсельхоза и иных ведомств, также собирающих пространственную информацию. Основой для Национальной системы пространственных данных выступают две государственные информационные системы: Единая электронная картографическая основа (ГИС ЕЭКО) и Федеральный портал пространственных данных (ГИС ФППД).

1.8 Основные игроки: деятельность, рынок, инновации

Таблица 7 содержит информацию о ключевых игроках рынка ДЗЗ и мониторинга, описывает их деятельность и инновационные подходы.

Таблица 7. Основные игроки рынка, деятельность, рыночное присутствие, инновации.

Компания	Вид деятельности	Рыночное присутствие	Инновации
Космическое ДЗЗ			
Maxar Technologies (США)	Разработка и управление космической группировкой спутников сверхвысокого разрешения	До 50% в сегменте сверхвысокого разрешения. Единственный поставщик данных 30 см.	Запуск в 2023 году микроспутников с возможностью повторной съемки каждый 20-30 минут.
Airbus D&S (ЕС, Франция)	Разработка и управление космической группировкой спутников сверхвысокого, высокого и среднего разрешения. Основной поставщик для Европейского космического агентства.	До 30% в сегменте сверхвысокого разрешения.	Новая линейка спутников сверхвысокого разрешения Pleiades Neo с ежедневной повторяемостью съёмки.
Planet (США)	Разработка и управление космической группировкой спутников высокого разрешения (2 м)	До 2% мирового рынка ДЗЗ в сегменте высокого разрешения	Наибольшая группировка аппаратов на орбите (более 100).
Spire Global (США)	Разработка и управление комплексной системой космического мониторинга (съёмка, навигация, связь).	Компания с самой высокой инвестиционной оценкой. IPO 1 млрд долларов США.	Комплексный мониторинг
Capella (США)	Разработка и управление радиолокационной группировкой	Первая частная компания, запустившая РСА для глобального мониторинга суши	Снижение стоимости РСА данных, высокая скорость повторной съемки

ICEYE (Финляндия)	Разработка и управление радиолокационной группировкой	Первая частная компания, запустившая РСА для глобального мониторинга состояния льда в океанах	Новая модель бизнеса – продажа действующих спутников в составе группировки.
HEAD Corporation (Китай, Франция, Великобритания)	Агрегирование данных с десятков спутниковых группировок, преимущественно китайских	Первая частная компания, получившая доступ к китайским космическим данным ДЗЗ	Пример реализации ГЧП в космической сфере
Аэросъемка			
HEXAGON (Швейцария, Швеция)	Создание аэрокамер, оказание услуг по АФС, разработка специализированного ПО	До 70% мирового рынка профессиональных камер для АФС	Переход от продажи АФС камер к продаже покрытий аэросъемкой
RIEGL (Австрия)	Разработка лидаров	До 50% мирового рынка профессиональных лидаров	Первая компания, миниатюризовавшая лидары для установки на БАС
PhaseOne (Дания)	Производство аэрокамер	Лидер рынка среднеформатных камер для АФС	Первая компания, предлагающая профессиональные камеры для БАС и пилотируемые ЛА
DJI (Китай)	Производство БАС	Лидер мирового рынка производства БАС	Широкая линейка БАС и полезной нагрузки.
Геоинформационное ПО для обработки ДДЗЗ и сервисы			
Esri (США)	Разработка геоинформационного ПО	Лидер мирового рынка ПО ГИС	Создание комплексной ГИС, объединяющей возможности

			обработки растровых и векторных данных
Pix4D (Швейцария)	Разработка ПО для обработки данных БАС	Один из лидеров мирового рынка ПО для обработки данных БАС	Комплексная система для обработки данных БАС. Отдельная линейка для мониторинговых задач.
Mapbox (США)	Разработка сервиса для создания карт и обработки геоданных	Лидер мирового рынка картографических приложений	Развитие картографического API
Orbital Insight (США)	Создание аналитического сервиса на основе методов ИИ	Лидер мирового рынка аналитика данных ДЗЗ	Новая парадигма управления и предоставления аналитики на основе данных ДЗЗ
Google (США)	Глобальный геоинформационный сервис	Первая в мире компания, создавшая глобальное покрытие космической съемкой	Создание иммерсивных карт, на основе космической, аэро и наземной съемки.
DroneDeploy (США)	Сервис для онлайн обработки данных ДЗЗ	Первая компания, создавшая возможность обработки снимков в облачном сервисе	Скорость обработки данных, доступность для любого пользователя

1.9 Оценка успешных бизнес-моделей и лучших практик, новые проекты

Рынок ДЗЗ и мониторинга характеризуется активными трансформационными процессами, слияниями и поглощениями, появлением новых продуктов, которые определяют бизнес-модели и практики использования геоданных. Ниже мы приводим наиболее интересные примеры, которые будут определять как российский рынок ДЗЗ и мониторинга, так и глобальный.

Программа Copernicus (Европейский Союз). Проект Европейского Союза Copernicus является инструментом, используемым государственными органами Европы для принятия решений и обеспечения соблюдения экологической политики на основе данных космической съемки с аппаратов серии Sentinel, распространяемых бесплатно. В сфере сельскохозяйственного мониторинга данные Sentinel используются государственными органами для проверки состояния полей и выплаты компенсаций фермерам в случае природных бедствий. Данные Sentinel, как и данные Landsat (США) являются основой мировой мониторинговой системы для сельского и лесного хозяйства.

Программы Earth Explorer: Cryosat, SMOS, Harmony (Европейский Союз). Серия гидрометеорологических КА для сбора данных в области водопользования, гидрологического моделирования, оценки рисков в области изменений климата. Aeolus, пятая миссия Earth Explorer, получает данные о состоянии тропосферы, её расчетный вклад в формирование прогноза погоды для европейских потребителей оценивается в 3,5 миллиарда евро в течение всего срока службы. Aeolus-2 может принести до 7,1 миллиарда евро. [55]

Центр компетенций НТИ по Геоданным (Россия). Центр сформирован консорциумом в составе МИИГАиК (головная организация), Самарский университет, несколько коммерческих компаний, университетов и НИИ. Центры компетенций НТИ — сеть из 21 инженерно-образовательного консорциума на базе российских университетов и научных организаций, которые занимаются развитием «сквозных» технологий НТИ. Центры ведут исследовательскую и образовательную деятельность в партнерстве с крупнейшими технологическими компаниями. Основными показателями эффективности работы Центров компетенций НТИ являются численность подготовленных специалистов, объем доходов от приносящей доход деятельности, источником которых является деятельность центра, количество созданных объектов интеллектуальной собственности и лицензированных технологий, то есть непосредственный вклад в развитие экономики страны [56].

Dynamic World (Google, США) — **геопортал, анализирующий изменение мира в реальном времени**. Система построена на обработке космических снимков, получаемых спутником Sentinel-2 (10 м/пкс). Отслеживаются изменения 9 типов ландшафтов: водные объекты, деревья, травяной покров, заболоченная территория, кустарники, с/х поля, строения, пески (голая земля), снег и лёд. Данные обновляются с появлением новой съемки. Данные бесплатны и доступны разработчикам сторонних сервисов. [57]

Компания **Blackshark.ai** со штаб-квартирой в Граце, Австрия создала глобальную, высокоточную 3D модели всей планеты на основе космической съемки сверхвысокого разрешения. Компания образована в 2020 году и уже насчитывает десятки сотрудников и инвестиции в размере более 20 миллионов долларов, в том числе и от таких лидеров ДЗЗ как Maxar Technologies. Стартап предлагает различные виды 3D моделей, в том числе синтетические под разные задачи, от управления городами, до обучения нейросетей.

Duality Robotics, стартап из «Долины», Калифорния, США. Компания предлагает метавселенную (цифровой двойник), для решения разнообразных задач реального мира. Речь идёт про различные виды синтезированных объектов, которые могут служить основой для обучения нейросетей, моделирования каких-либо процессов, общения в виртуальной среде. Компания была основана в 2019 году. Инвестиции в решения компании составили 15 миллионов долларов.

Orbify — польский стартап, основанный в 2021 году, предлагает no-code решение для обработки данных дистанционного зондирования Земли. Достоинством платформы является возможность использования собственного кода и готовых инструментов, что позволяет быстро создавать различные приложения и технологические цепочки обработки данных ДЗЗ. Инвестиции в стартап составили порядка 1 миллиона долларов.

Ученые Центра НТИ «Сенсорика» (Россия) на базе МИЭТ работают над радиолокационной платформой дистанционного зондирования Земли. Это гексакоптер с грузоподъемностью до 12 кг и бортовой радиокомплекс. Комплекс **тактической ледовой разведки** разработан в Центре компетенций НТИ «Искусственный интеллект» на базе МФТИ. В комплекс входит беспилотник и радиолокационная аппаратура, а также ПО для обработки радиолокационных изображений. Летательный аппарат базируется на палубе ледокола и обеспечивает ледовую разведку на 100 км. Образцы прошли испытания в арктических условиях. Росатом планирует начать эксплуатацию в 2024 г.

Создание **Единой платформы цифровых сервисов Северного морского пути** (ФГУП «Атомфлот», исполнитель работ АО «Гринатом»). Цифровизация Северного морского пути является ключевым этапом в подготовке к переходу на круглогодичную навигацию в акватории Северного морского пути. Данная платформа сделает судоходство в Арктике более безопасным, прогнозируемым и привлекательным. Подобного продукта нет не только в России, но и за рубежом. Реализация платформы предусматривает внедрение различных цифровых сервисов. Они создадут уникальную возможность синхронизации логистических операций и диспетчеризации флота. Система позволит обслуживать до 1500 уникальных пользователей, которые получают доступ к цифровым сервисам различного функционального назначения. Оперативно будет предоставляться информация о навигационной, гидрометеорологической, ледовой, экологической обстановке в акватории Северного морского пути.[58]

Amazon Web Services объявила об успешном запуске пакета программного обеспечения AWS для **вычислений и машинного обучения на орбитальном спутнике** [59] в рамках первого космического эксперимента. Эксперимент, проводившийся в течение последних 10 месяцев на низкой околоземной орбите, был разработан для проверки быстрого и эффективного метода сбора и анализа космических данных непосредственно на орбитальных спутниках с использованием облака. Предоставление периферийных возможностей AWS на борту орбитального спутника впервые позволяет клиентам автоматически анализировать огромные объемы необработанных спутниковых данных на орбите и передавать только необходимую информацию для дальнейшего анализа, снижая затраты и обеспечивая своевременное принятие решений.

1.10 Инвестиции, слияния и поглощения, кооперация

В рамках исследования авторы проанализировали более 400 сделок на рынке с 2001 по декабрь 2022 года и отобрали 54 наиболее значимые сделки по слиянию и поглощению на рынке ДЗЗ и мониторинга, представленные в таблице 8.[60]

Таблица 8. Слияния и поглощения на рынке ДЗЗ и мониторинга

Поглощаемая компания	Покупатель	Год	Поглощаемая компания	Покупатель	Год
Слияния и поглощения на рынке ДЗЗ из космоса					

Maxar Technologies	Advent International	2022	Geosys	UrtheCast	2018
Vricon	Maxar Technologies	2020	Terra Bella	Planet	2017
Boundless Spatial	Planet Labs	2018	The Radiant Group	DigitalGlobe	2016
DigitalGlobe	Maxar Technologies	2017	Deimos Imaging	UrtheCast	2015
BlackBridge	Planet Labs	2015	SSL	Maxar Technologies	2012
Terra Bella	Google	2014	Surrey Satellite Technology Ltd	Airbus D&S	2008
SPADAC	GeoEye	2010	Orbital Optics	Maxar Technologies	2007
VanderSat	Planet	2021			
Слияния и поглощения на рынке аэромониторинга с использованием пилотируемых и беспилотных ЛА					
HALIS	Surveying And Mapping	2020	Opto-Tech Srl	FARO	2018
Thermopylae Sciences and Technology	Hexagon Geospatial	2019	Melown Technologies SE	Leica Geosystems	2019
AGTEK Development	Hexagon	2018	Viewpoint	Trimble	2018
ClearTerra	Esri	2018	MapData	Mapbox	2017
Luciad	Hexagon	2017	MAVinci GmbH	Intel	2016
VisionMap	Rafael	2016	Sigma Space	Hexagon	2016
Laser Projection Tech	FARO	2016	Aibotix	Hexagon	2014
Airborne Hydrography	Hexagon	2013	Gatewing	Trimble	2012
Vexcel Imaging	Microsoft Corporation	2006			
Слияния и поглощения на рынке ПО для обработки и анализа данных ДЗЗ					

nFrames (SURE)	Esri	2020	Thinknear	Telenav	2012
Cityworks	Trimble	2019	Geoloqi	Esri	2012
Geographica	CARTO	2019	UpNext	Amazon	2012
Geosoft	Seequent	2018	MicroSurvey Software	Hexagon	2012
FeatureX	Orbital Insight	2018	Procedural	Esri	2011
Urban Engines	Google	2016	Intergraph	Hexagon	2010
ARAS 360 Technologies	FARO	2015	MapInfo	Pitney Bowes	2007
kubit	FARO	2015	Inpho GmbH	Trimble	2007
IQ Irrigation	Trimble	2013	Leica Geosystems	Hexagon	2005
Rainwave LLC	Trimble	2013	iQvolution	FARO	2005
earthmine Inc.	Nokia	2012	SpatialMetrix	FARO	2002
ERDAS, Inc	Leica Geosystems	2001	LH Systems	Leica Geosystems	2001

На рынке космического ДЗЗ наибольшую активность проявляют две компании: Planet Labs и Maxar Technologies, совершившие большинство сделок. На рынке аэросъемки максимально активен HEXAGON. Количество игроков, участвующих в процессах поглощений с каждым годом увеличивается, а часть старых игроков практически завершили активную фазу приобретений.

Одним из важных примеров слияний и поглощений является выстраивание полноценной работы с данными ДЗЗ у крупнейших IT гигантов. Например, основанная в 1992 году в Австрии компания Vexcel Imaging, ведущий поставщик решений для аэрофотосъемки была приобретена Microsoft в 2006 году и стал одним из поставщиков базовых покрытий для веб-сервиса Bing Maps и картографической платформы Microsoft. Разработанная компанией камера UltraCam Eagle способна получать снимки с разрешением 10 см на высоте 5000 м.

Инвестиции. В исследовании проанализировано около 70 молодых компаний рынка ГИС и ДЗЗ, возникших за последние 12–14 лет и получивших как минимум 1 миллион долларов инвестиций. Для оценки были отобраны

компании, которые уже запустили или собираются запускать спутники дистанционного зондирования Земли, а также различные геоинформационные компании, создающие ПО или оказывающие аналитические услуги. [61]

Таблица 9. Инвестиции в стартапы в области дистанционного зондирования Земли из космоса

Компания	Год осно вани я	Страна	Объем инвестиций (млн. долларов США)
Synspective	2018	Япония	208
GHGSAT	2011	Канада	103
Satellite Vu	2016	Великобритания	21
VanderSat	2015	Нидерланды	1
EOS Data Analytics	2015	США	1
Sputnix	2011	Россия	1
SpaceAlpha	2020	США	н/д
Spire Global	2012	США	678
Planet	2010	США	574
Satellogic	2010	Аргентина	374
ICEYE	2014	Финляндия	313
BlackSky	2013	США	230
UrtheCast	2010	Канада	185
Capella	2016	США	179
Terra Bella	2009	США	91
Axelspace	2008	Япония	66
Muon Space	2021	США	35
Pixxel	2019	США	33
SkyWatch	2014	Канада	28
HySpecIQ	2015	США	20
Astro Digital	2014	США	17
Wyvern	2018	Канада	8
Earth-i	2015	Великобритания	3
Terrabotics	2014	Великобритания	2
SPACETY	2016	Китай	37
NaraSpace Technology	2015	Ю. Корея	10
Orbital Sidekick	2016	США	37
Satlantis	2014	Испания	40
LatConnect 60	2019	Австралия	н/д

С 2008 года появилось около 30 «космических» стартапов со своими спутниковыми (действующими или планируемыми к запуску) группировками оптического и радиолокационного зондирования Земли. В этот перечень нами также была добавлена компания Spire, группировка которой ориентирована на трекинг судов и самолётов. Общий объем инвестиций за 12 лет в стартапы, создающие новые группировки космических аппаратов (запущенные или только планируемые) превысил 3 миллиарда долларов.

Наибольшее количество компаний, получивших инвестиции родилось в США - 10, 4 в Канаде, 3 в Великобритании, 2 в Японии, по 1 в Финляндии, Аргентине, Нидерландах. Стоило бы отметить российскую компанию Sputnik, но, к сожалению, объемы инвестиций в неё не разглашаются, также компания не позиционирует себя исключительно как «стартап» в области ДЗЗ.

Примечательным является то, что четверть инвестиций приходится на компании, предлагающие радиолокационные группировки: ICEYE, Capella, Synspective, SpaceAlpha. Такой интерес, безусловно, свидетельствует о том, что оптического диапазона для мониторинга состояния и динамики происходящего на поверхности планеты недостаточно. Есть ряд компаний, например, Pixxel, предлагающие гиперспектральные группировки спутников.

Знаковым моментом для космического дистанционного зондирования является то, что стартапы ориентируются не на продажу «сырых данных», а на сервисы с использованием группировки. Мы видим развитие систем анализа происходящего на планете в интеграции разнообразной информации, поступающей как с космических систем наблюдения, так и наземных.

Таблица 10. Разработчики геоинформационных и геоаналитических систем

Компания	Год основания	Страна	Объем инвестиций (млн. долларов США)
Mapbox	2010	США	334
DroneDeploy	2013	США	142
Orbital Insight	2013	США	129
NavVis	2013	Германия	96
HEAVY.AI	2013	США	93
Carto	2012	Испания	92
DeepMap	2016	США	92
Radar	2016	США	85
Cape Analytics	2014	США	75
Descartes Labs	2014	США	58

Sentera	2014	США	53
PlaceIQ	2010	США	52
Ursa Space Systems	2014	США	51
StreetLight Data	2012	США	44
Cuebiq	2015	США	33
Hivemapper	2015	США	21
Hummingbird	2015	Великобритания	21
Enview	2015	США	20
Blackshark	2020	Австрия	20
Locix	2015	США	11
Boundless	2012	США	10
Picterra	2016	Швейцария	10
Ubimo	2012	США	9
PlanetWatchers	2016	Великобритания	7
Geoblink	2015	Испания	7
OneSoil	2017	Беларусь	7
Flynex	2015	Германия	7
GeoX	2018	Израиль	4
Allvision	2017	США	3
CropSafe	2019	Великобритания	3
Pix4D	2011	Швейцария	2
Satelligence	2019	Нидерланды	2
Avuxi	2014	Великобритания	1
Terris Earth Intelligence	2018	Канада	1
Latitude40	2017	Италия	1
Kawa Space	2019	Индия	1
LiveEO	2017	Германия	9
Overstory	2018	Нидерланды	6
AiDash	2019	США	33
ConstellR	2020	Германия	1
Astraea	2016	США	16,5
Earth Blox	2019	Великобритания	1,5
Tomorrow.io	2016	США	184
Salient Predictions	2019	США	5,5
Umbra	2015	США	44,5

В списке более 40 компаний с объемом инвестиций около 2 миллиардов долларов США. На первую десятку списка приходится чуть больше половины инвестиций. Часть этих компаний была поглощена гигантами рынка. Наибольшее количество стартапов из списка возникло за последние 12 лет в США. На компании из США приходится 70% всех инвестиций (1,5 млрд).

Наиболее примечательна первая десятка компаний. Лидером является хорошо известный Mapbox, инвестиции в который превысили 300 миллионов. Компания создаёт инфраструктуру для картографической визуализации на основе космических снимков. DroneDeploy с инвестициями больше 140 миллионов стоит на второй строчке. Компания предлагает облачную фотограмметрическую обработку данных с беспилотников. Orbital Insight – почти 130 миллионов долларов инвестиций в геоаналитику. Некоторые компании смогли стать мировыми лидерами почти без инвестиций, вовремя оказавшись в технологическом потоке. Например, Pix4D, развивающая ПО для обработки беспилотной съемки получила всего 2,5 миллиона долларов инвестиций, но добилась мирового признания.

Крупнейшей категорией инвестиций в космические стартапы по-прежнему является венчурный капитал, вложивший 9 миллиардов долларов из 15, привлеченных в течение 2020 года. В 2021 году появился значительный источник стартового финансирования в виде публичного рыночного капитала. В 2021 году космические стартапы привлекли более 4 миллиардов долларов публичного рыночного капитала, что составляет 28% от общего объема инвестиций за год.

В 2021 году 10 космических стартапов вышли на биржу, что привлекло почти 4 миллиарда долларов (за вычетом выкупа акций акционерами). Еще три космических стартапа (Satellogic, Terran Orbital и Tomorrow.io) объявили о выходе на биржу.

Что касается российского рынка инвестиций, то стоит отметить вхождение в капитал разработчика спутников «СПУТНИКС» компании Sitronics Group, являющейся дочкой АФК «Система» в 2021 году. Для России, в целом, не характерны активные процессы слияния и поглощений на рынке ДЗЗ и ГИС.

1.11 Рыночные перспективы технологий: рынки и потребности

Перспективы рынка дистанционного аэрокосмического мониторинга связаны с развитием различных отраслей. Наиболее перспективными считаются как некоторые традиционные отрасли, например, сельское

хозяйство, так и новые, например, рынок виртуальной и дополненной реальности.

Сельское хозяйство. Ожидается, что мировой сельскохозяйственный рынок вырастет с 11,3 млрд долларов в 2021 году до 18,8 млрд долларов в 2026 году при среднегодовом темпе роста в 10,7%. По мере того, как к 2050 году население вырастет до прогнозируемых 10 млрд человек, обеспечение продовольствием такого количества людей потребует кардинального изменения методов выращивания сельскохозяйственных культур. В условиях, когда изменение климата, нехватка воды и эрозия почвы создают дополнительные проблемы, мониторинговые данные будут стимулировать инновации в сельском хозяйстве. Новые методы ведения «умного земледелия» будут сочетать в себе точное земледелие с достижениями в области анализа больших данных, получаемых в результате непрерывного мониторинга. Данные аэрокосмического мониторинга несут в себе информацию о влажности почвы, позволяют точно вносить удобрения и управлять водными ресурсами, оптимизировать оборот сельскохозяйственных культур и транспортную логистику. Мировой рынок агротехнологий как услуг к 2025 году он утроится по сравнению с его состоянием в 2020 году, в то время как более широкая рыночная стоимость сельскохозяйственных технологий вырастет в 2,5 раза, с 9,0 млрд долларов США до 22,5 млрд долларов США. Объем мирового рынка сельскохозяйственных роботов составил около 9,3 млрд единиц, к 2030 г. это число вырастет почти в 4 раза и достигнет 36 млрд единиц. Объединение посредством технологий интернета вещей данных аэрокосмического мониторинга и наземного оборудования, позволит максимизировать эффективность ведения работ, экономить топливо и удобрения, устранить чрезмерную обработку почв, а также автоматизировать действия, ранее требовавших больших затрат времени и характеризующихся низкой производительностью.

Страхование. Прогнозируется, что мировой страховой рынок вырастет с 5,5 трлн долларов в 2021 году до 6,4 трлн долларов США в 2025 году, полностью восстановившись после эпидемии COVID. Страховые компании постоянно ищут способы улучшить управление рисками. Данные мониторинга помогают страховщикам количественно оценить факторы риска, анализируя прошлые события и определяя подверженность района той или иной опасности. Одной из наиболее актуальных тенденций, ставшей возможной благодаря данным аэрокосмического мониторинга, является рост параметрического страхования. Так, компания Arbol запустила рынок страхования, который связывает предприятия, подверженные негативным погодным условиям, с поставщиками капитала, страховыми и аудиторскими

компаниями. Платформа параметрического страхования Arbol использует данные ДЗЗ и наземных метеостанций для валидации страховых претензий. Регулярный мониторинг территорий открывает новые рынки для страховых компаний, например, многие страховщики не страхуют земли в поймах рек из-за меняющихся погодных условий и недостаточности сведений о гидрологическом режиме рек. В настоящее время, благодаря накопленным данным возможно просчитать риски с высокой вероятностью, что открывает огромные рыночные возможности.

Сумма глобальных застрахованных убытков от стихийных бедствий в мире, вызванных наводнениями и ураганами в 2021 году, составила 82,0 млрд долл. США, что почти втрое превышает средний показатель за последние десять лет, и этот показатель продолжает оставаться высоким.

Отдельным рынком становится торговля «выбросами». Стоимость проданных разрешений на выбросы углекислого газа выросла до рекордных 851 миллиарда долларов в 2021 году [68]. Покупатели углеродных кредитов зависят от точной и своевременной информации о состоянии лесов, пахотных земель, инфраструктуры предприятий. Большинство стартапов в области ДЗЗ одной из своих задач ставят именно поставку данных для расчета «углеродного следа».

Дополненная реальность (AR) использует физический мир в качестве фона, накладывая информацию для создания приложений реального мира. AR отличается от виртуальной реальности (VR), которая обеспечивает компьютерную симуляцию виртуального мира, представляемого пользователю с помощью гарнитуры. За последние несколько лет такие компании, как Snap, Facebook и Apple, увеличили свои инвестиции в AR, способствуя распространению использования AR на мобильных устройствах. Прогнозируется, что рыночная капитализация, связанная с AR, вырастет в 1000 раз с 1,0 миллиарда долларов в 2021 году до примерно 1,0 триллиона долларов к 2030 году. Мониторинговые данные считаются незаменимыми при реализации проектов не только AR, но и VR.

Компьютерные игры. Игровые движки, такие как Unity и Unreal Engines от Epic Games, оказались незаменимыми инструментами для создания цифровых двойников физического мира. Эти инструменты разработчика игр используются для создания фотореалистичных сред. Раньше процесс создания реалистичных миров был очень трудоемким: построение 3D-моделей, анимация, звуки, игровая логика, освещение, физика и еще десяток аспектов нужно было делать в разных программах. На сегодня, такие компании как Esri и Cesium заключила партнерские соглашения с Epic Games и предоставляют

точную информацию о реальном мире на основе своих картографических возможностей.

1.12 Ключевые технологии и бизнес-модели, определяющие развитие рынка ДЗЗ и мониторинга

В области получения мониторинговых данных ДЗЗ внедрение **высокоточных технологий навигации (РРК, РТК)** в БАС стало наиболее значимым технологическим достижением последних лет. Данная возможность позволила получать с использованием БАС высокоточные материалы аэрофотосъемки, пригодные для использования в мониторинговых задачах, таких как мониторинг кадастра, использования земель, разработки полезных ископаемых, контроля состояния посевов.

Наземные станции как услуга. Как отмечалось ранее, снижение затрат на запуск КА ДЗЗ привело к увеличению числа спутников на низкой околоземной солнечно-синхронной орбите. Это приводит к проблемам со сбросом данных, поскольку каждому спутнику требуется прямая видимость наземной антенны для связи космос-земля. Это привело к появлению компаний, пытающихся решить эти проблемы, предоставляя глобальную инфраструктуру антенн, оборудования для обработки данных и программного обеспечения для спутниковых операторов. Среди таких компаний присутствуют глобальные игроки как Amazon и российские компании, такие как «Лоретт».

Периферийные вычисления. Обработка данных, происходящая как можно ближе к заказчику, становится важным аспектом, который сокращает задержки передачи данных, вызванных ограничениями пропускной способности интернет-каналов и затрат на передачу информации. С учетом того, что снимки и производные продукты достаточно объемны (один космический снимок «весит» несколько гигабайт) размещение вычислительных ресурсов вблизи потребителей является актуальной задачей для облачных сервисов. Всё большие объемы мониторинговых данных будут требовать строительства локальных центров обработки данных. Ещё одним преимуществом локальных вычислителей является возможность концентрировать локальные геоданные, поступающие от устройств, подключенных к интернету. Чем эффективнее и быстрее будет происходить объединение различных пространственных данных, тем больше типов пространственных отношений и закономерностей развития можно будет получить.

Объединение данных. С увеличением разнообразия, возможностей и количества сенсоров происходит рост объема данных (оптических, спектральных, мультиспектральных, лидарных и т. д.), что уже приводит к перегрузке систем, невозможности успеть обработать накапливаемые массивы, увеличению затрат на содержание инфраструктур хранения и анализа данных. Так, 95% всех снимков компании MAXAR никто и никогда не использовал. Стоит вопрос, а нужно ли увеличивать количество съемочных систем? Всё чаще звучат слова о том, что «данные — это не новая нефть», а «данные — это новый пластик», подразумевая бесполезность множества собираемой информации. Парадигма объединения данных (data matching) подразумевает 1) изменения процесса обработки сырых данных, когда несколько параллельных процессов обработки разных типов данных могут быть сведены в один процесс. Например, построение ортофотопланов с использованием данных, получаемых лидаром и оптической системой. Возможно добавление в этот процесс мульти и гиперспектральных данных, что позволит получить в виде выходной аналитической продукции карту состояния посевов. 2) Совместная регистрация и наложение выходных сигналов датчиков (например, использование единого навигационного сигнала для разных сенсоров). 3) Применение разных алгоритмов к каждому датчику (например, алгоритм обнаружения цели на каждом датчике) и последующее объединение результатов работы алгоритмов. 4) Анализ изменений, происходящих с однотипными пространственными данными на основе разных сенсоров. Например, объединение мультиспектральных и радиолокационных данных позволяют провести более точный анализ здоровья растительности. Объединение данных, поступающих с автоматических идентификационных систем (АИС) морских судов и систем мониторинга нефтеразливов на основе радиолокационной съемки позволяет определить конкретное судно, допустившее утечку нефтепродуктов. Такой же подход используется и для мониторинга нелегального рыболовства в случае выключенных АИС на судах. Одним из лидеров объединения данных является компания Orbital Insight, представившая в 2022 году платформу TerraScope с возможностью обработки мультисенсорных геоданных. Подобные возможности представляются оператором космической группировки Planet. Платформа Fusion Monitoring объединяет получаемые каждый день снимки из космоса с дополнительными наборами геоданных, а также РЛИ. Использование в этом случае РЛИ обеспечивает всепогодность мониторинговых работ.

Облако как услуга. Несмотря на то, что облачные вычисления были разработаны еще в 1990-х годах, «облака» не получили широкого

распространения до 2006 года, когда такие компании, как Google и Amazon начали использовать этот термин для описания новой парадигмы обработки данных. Прошло еще десять лет, прежде чем поставщики облачных услуг достигли окупаемости сервисов. Сложности при переходе в облачные сервисы как правило вызваны следующими факторами: 1) сложности с переносом существующих рабочих процессов в облако, 2) нежелание отказаться от существовавших ранее инвестиций в дорогостоящее инфраструктурное оборудование, 3) опасения по поводу безопасности при размещении конфиденциальных данных клиентов, 4) отказ федеральных заказчиков от размещения своих данных. Только в 2017 году компания DigitalGlobe (ныне MAXAR) перенесла весь свой каталог изображений на облако Amazon — 100 ПБ — что установило своеобразный стандарт для рынка дистанционного зондирования Земли при переходе от больших протоколов передачи файлов и рабочих процессов доставки съемки к облачной инфраструктуре хранения и аналитики.

В последние годы облачные вычисления стали неотъемлемым компонентом управления геопространственными данными. По некоторым данным около 500 ПБ необработанных спутниковых изображений необходимо будет перенести на облачные серверы в течение следующих 10 лет. Важным является и то, что лидирующие облачные компании (Amazon, Google, Intel) выпускают специальные сервисы и продукты для геопространственной индустрии.

Алгоритмы как услуга. Бизнес-модель «алгоритмы как услуга» (AaaS) открыла новые возможности коммерциализации и продажи интеллектуальной собственности. Традиционно алгоритмы размещались на серверной части, а затем сервисы на базе этих алгоритмов становились доступными для пользователей в виде продуктов. С развитием технологий API, появление маркетплейсов, объединяющих поставщиков данных и разработчиков алгоритмов стало возможным выстраивание собственных процессов обработки данных.

Синтетические данные. Эволюция ИИ была построена на массивных наборах обучающих данных, но их расширение связано с существенными проблемами. Поиск, проверка и генерация данных для машинного обучения — сложная, часто неточная задача. По оценкам Gartner, к 2022 году 85% проектов ИИ будут давать неверные результаты из-за необъективных данных, использованных на входе. Синтетические данные часто рассматривались как менее качественная замена реальным данным в том случае, если получение реальных данных неудобно, дорого или ограничено законодательством. Однако активное использование цифровых двойников, полученных с

использованием аэрокосмических данных, позволили создать новый тип синтетических данных, максимально близких к реальным. На основе этих данных стало возможным создавать обучающие выборки в любом масштабе без ущерба для качества, оптимальные по точности и покрытию.

2. КОМПАНИИ НТИ

2.1 Характеристики компаний, вовлеченных в реализацию направления Аэронет НТИ

В рамках исследования было проанализировано 100 российских компаний НТИ, преимущественно осуществляющих деятельность на рынке ДЗЗ и мониторинга. Компании были отнесены к следующим сегментам рынка по направлениям [62, 63, 64]:

- Космический сегмент данных ДЗЗ – поставщики снимков из космоса и услуг на их основе.
- Сегмент рынка БАС для аэрофотосъемки – производители и поставщики БАС, предназначенных для проведения аэрофотосъемки или лазерного сканирования, предлагающие услуги аэрофотосъемки и/или лазерного сканирования.
- Сегмент рынка аэрофотосъемки пилотируемыми аппаратами – компании, оказывающие услуги аэрофотосъемки профессиональными аэрокамерами и лидарами.
- Сегмент разработки программного обеспечения – компании, разрабатывающие или осуществляющие доработку и поддержку стороннего геоинформационного ПО.
- Сегмент проектных организаций - компании, реализующие проекты с использованием различных ГИС решений и данных ДЗЗ.

Выручка компаний бралась из бухгалтерской отчетности, собираемой агрегаторами данных, такими как Spark Interfax или Sbis. 2021 год не учитывался, так как по ряду компаний на момент создания отчета отсутствовала финансовая информация.

Космический сегмент рынка данных ДЗЗ. В данном сегменте лидируют такие компании как: ИТЦ «СканЭкс», «НПК Ракурс Проекты», «Гео Иннотер», АО «Совзонд», «ГеоАльянс», «ЛоРеТт», «СГК», «ИКИЗ», «ТерраТех».

Таблица 11. Динамика выручки компаний космического сегмента ДЗЗ

Компания/выручка в млн рублей	2015	2016	2017	2018	2019	2020
«СКАНЭКС»	1400	1100	815	1000	913	499
«ТерраТех» (АО «РКС»)	–	–	–	21	30	401
ИКИЗ («Вега»)	7	36	28	50	33	178

«Гео Иннотер»	128	131	100	333	129	129
«СТТ груп»	779	185	134	201	98	98
«ГеоАльянс»	7,7	38	26	43	42	49
НПК «Ракурс Проекты»	38	33	61	21	26	40
«Совзонд»	164	254	160	75	97	26
«ЛоРеТт»	–	–	0,16	16	47	19
«СГК»	165	15	126	47	0	0
ИТОГО	2688	1792	1450	1807	1415	1439

Сегмент рынка БАС для аэросъемки. В данном сегменте нами рассмотрено 26 компаний.

Таблица 12. Динамика выручки компаний сегмента БАС для аэрофотосъемки и лазерного сканирования.

Компания/выручка в млн рублей	2015	2016	2017	2018	2019	2020
«ЗалаАэро»	497	1200	1000	1000	1584	1500 (оценочно)
«Финко»	107	193	421	434	358	402
«Геоскан»	24	100	325	225	298	376
«АртГео»	110	103	140	122	120	232
ТАиП		211	608	564	1500	207
«Беспилотные системы»	14	21	250	156	208	160
«Беспилотные технологии»	5	3	21	48	52	100
«Аэромакс»	–	–	0	20	15	82
«НПП Авакс Геосервис»	21	37	38	38	27	70
«ДжиПиЭс Ком»	25	47	40	69	90	53
СКАН»	–	8	46	35	47	49
«Фотометр»		10	14	66	39	47
«Алтум»	–	–	12	6	15	33
«Геостройпроект» («Топодрон»)	15	10	4	8	22	31

«Авиационные роботы»	—	12	28	33	34	29
«Птеро»	—	—	—	19	28	22
«Съемка с Воздуха»	—	—	5	12	21	22
АС-КАМ	—	—	17	18	16	20
«Альбатрос»	—	—	—	3	10	13
«Инновационные комплексные системы» (Fixar)	—	—	—	3	4	10
«НПО Пром Аэро»	—	—	0	1	1	10
«Геоскан-Белгород»	—	—	3	2	4	8
«Аэроксо»	—	—	2	4	14	3
«БАС Технологии»	—	—	—	6	2	3
«Аэро Карта Комплекс»	44	41	10	20	12	1
ТД «Кировский»	1	32	11	1	5	1
ИТОГО	862	2028	2995	2913	4525	3484

Сегмент рынка пилотируемой аэрофотосъемки. Данный сегмент не просто выделить и проанализировать. Информации о деятельности компаний, оказывающих услуги с использованием пилотируемой авиации в открытом доступе очень мало. К данной категории отнесено 13 компаний.

Таблица 13. Динамика выручки компаний сегмента пилотируемой аэросъемки.

Компания/выручка в млн рублей	2015	2016	2017	2018	2019	2020
«Кадастрсъемка»	151	78	73	127	129	266
«Йена Инструмент»	29	26	18	12	3	194
«СигмаМетрикс»	4	36	85	113	219	178
«БалтАэросервис»	23	18	24	56	55	144
«НПП Геокоминвест»	10	31	106	196	206	130
«Аэрогеоматика»	15	107	6	119	135	105
«Геоинформация»	47	61	80	70	60	38
«ЦЭТ»	78	179	181	27	22	23

«АэроТех»	48	21	13	1	13	11
«АФТ»	6	7	5	12	7	6
«Меридиан+»	295	215		36	7	1
АО «Госземкадастрсъемка ВИСХАГИ»	–	67	47	7	3	0
«Авиация и прикладная экология»	182	145	174	140	–	–
ИТОГО	887	991	813	915	858	1097

Сегмент разработчиков геоинформационных решений. К данному сегменту отнесено 14 компаний, основную деятельность которых определяет разрабатываемое ими программное обеспечение. Ключевой характеристикой сегмента является его общий рост. Даже «ковидный» 2020 год не заметен на оборотах. С тем же, ряд компаний характеризуется «нестабильностью» выручки, очевидно, связанной с проектной деятельностью.

Таблица 14. Динамика выручки компаний сегмента разработки программного обеспечения для обработки и/или анализа данных ДЗЗ.

Компания/выручка в млн рублей	2015	2016	2017	2018	2019	2020
«Живойсофт» («Геоскан»)	227	429	532	586	657	683
«Эверпоинт»	43	68	139	100	241	399
«Программные технологии»	222	238	214	242	278	292
КБ «Панорама»	208	207	197	427	223	265
«Ракурс»	74	60	75	97	133	135
«Дата Ист»	139	136	125	135	123	133
«Кредо Диалог»	83	54	52	84	81	89
«Геоцентр Консалтинг»	108	175	147	163	52	75
«ГИСвер Интегро»	48	26	57	112	56	69
«РусГИС»	–	–	158	68	58	58
«Скайер ИТ»	0	0	2	4	18	46
«НекстГИС»	10	17	18	18	40	43
«Центр Инновационных Технологий»	51	20	41	9	14	17
«ГеоАлерт»	–	–	–	0	0	5

ИТОГО	1213	1430	1757	2045	1974	2309
-------	------	------	------	------	------	------

Сегмент проектных организаций. К данному сегменту отнесены компании, реализующие проекты с использованием различных ГИС решений и данных ДЗЗ, в том числе те, у которых может быть собственная разработка и получение данных, а также глубокая доработка стороннего ПО.

Таблица 15. Динамика выручки компаний сегмента проектной деятельности.

Компания/выручка в млн руб.	2015	2016	2017	2018	2019	2020
«Беспилотные системы»	14	21	250	156	208	160
УСГИК	18	29	40	72	105	135
«Компания Совзонд»	300	419	212	162	134	132
«Датум Групп»	24	43	80	65	71	95
«ИнноГеоТех»	—	—	0	10	39	86
«Дата+»	97	83	109	59	73	83
«Самара-Информспутник»	30	23	17	12	35	83
«Центрпрограммсистем»	55	60	81	76	109	77
«Визард»	—	—	—	—	—	58
«ХельгиЛаб»	16	77	36	17	162	29
«Точка Юга»	0	6	20	26	22	21
«СиСофт-Терра»	54	29	44	58	39	8
ООО «Совзонд»	105	115	122	145	17	8
ИТОГО	713	905	1011	858	1014	975

2.2 Краткое описание продуктов и услуг компаний Аэронет НТИ

В области приема данных космического мониторинга стоит отметить технологии компании «Лоретт», Москва. В непростых условиях развития производства компанией было создано четыре новых продукта для приёма

данных ДЗЗ: антенные комплексы Расторопша, Link2Space, Copter4Space и LEX. Линейка Link2Space, разработанная по проекту Фонда Содействия Инновациям, быстро стала коммерциализируемым продуктом и успешно продаётся. Благодаря существенному повышению интереса образовательного сообщества к применению технологий ДЗЗ из космоса в обучении школьников, были выполнены поставки комплексов «Лоретт» в Калининградскую область, Москву, Долгопрудный, Санкт-Петербург и другие регионы. На протяжении 2021 года активно развивалась проектная площадка программы «Дежурный по планете», организованная «Лоретт», на которой уже зарегистрировано более 1000 школьников и учителей и заявлено более 50 самостоятельных проектов на основе анализа данных с различных спутников, включая российский «Аист-2Д».

Мониторинг в области лесного хозяйства и лесоустройства осуществляется пермской компанией «ЦКТиУ». Компания получила патент РФ на технологию проведения таксации лесов методом комплексирования данных воздушного лазерного сканирования, спутниковых снимков и аэрофотосъёмки в видимом и мультиспектральных диапазонах. Проведена камеральная обработка и проверка результатов проведённых по данной технологии работ в Иркутской области и Республике Коми на общей площади 170 тысяч гектар. Новая технология компании позволяет проводить расчёт накопленного запаса углерода в деревьях на уровне лесного выдела, квартала, лесничества по данным проведённой таксации. «ЦКТиУ» проведены научно-исследовательские работы совместно со Сколковским институтом науки и технологий по определению таксационных характеристик лесных насаждений с применением технологии машинного обучения по данным космических снимков и воздушного лазерного сканирования. Организована программа обучения школьников «Цифровой лесничий» в рамках направления «Дежурный по планете». В результате действия программы были проведены смены в Кабардино-Балкарской Республике, Ямало-Ненецком АО, Иркутской области, Всероссийском детском центре «Орлёнок», федеральном образовательном центре «Сириус». Общее количество вовлечённых в программу школьников составило более 1500 человек.

Также в **сфере лесопользования** стоит отметить АО «ТЕРРА ТЕХ», компанию холдинга «Российские космические системы» (входит в Госкорпорацию «Роскосмос»). Специалисты по машинному обучению «ТЕРРА ТЕХ» разработали программное обеспечение на основе нейросетевых технологий, с помощью которого улучшили качество космоснимков, увеличили пространственное разрешение, внедрили компенсацию дымки, научили систему распознавать и сегментировать отдельные объекты на

изображении. Для обучения нейронных сетей в «ТЕРРА ТЕХ» создана и постоянно пополняется база эталонов, куда занесено уже более 160 тысяч разных объектов. В сотрудничестве с ФГАУ НИИ «Восход» (подведомственное учреждение Минцифры России) началась интеграция сервисов «Цифровой Земли» с государственной информационной системой «Типовое облачное решение по автоматизации контрольной (надзорной) деятельности». Реализован пилотный проект ФГБУ «Рослесинфорг» и «ТЕРРА ТЕХ» с использованием нейросетевых технологий «Цифровой Земли», что позволило отработать новую систему по выявлению незаконных рубок леса, повысить точность распознавания рубок.

Группа компаний «АГМ» (Краснодар) специализируется на создании систем **мобильного и воздушного лазерного сканирования для беспилотных воздушных судов**. «АГМ СИСТЕМЫ» единственный в РФ производитель систем мобильного и воздушного лазерного сканирования, внесённый в Государственный реестр средств измерений. В 2021 году компанией выпущено две новые модели мобильных сканеров MC1 и MC5, одна модель воздушного сканера BC35. Выпущен релиз программных продуктов AGM Posworks Web и AGM Scanworks PRO для расчета траекторий по данным глобальных навигационных спутниковых систем и инерциальных навигационных систем. В мире насчитывается всего 3 аналога этому ПО. За аэросъемочный сезон 2021 года комплекс аэросъемки, разработанный компанией, показал превосходную производительность одновременно выполняя съемку четырьмя сенсорами, воздушным лазерным сканером АГМ-BC55, двумя профессиональными цифровыми аэрофотокамерами PhaseOne 150 Mpix RGB и 150 Mpix NIR и тепловизором.

В области мониторинга земель и недвижимости выделяется компания из Екатеринбурга «Урало-Сибирская Гео-Информационная Компания». Компанией внедрен стереофотограмметрический метод для кадастра недвижимости и градостроительной деятельности. Отработана технология высокоточной стереофотограмметрии, подтверждена теоретическими и практическими исследованиями и внедрена в Росреестре РФ, Республике Башкортостан, Калининградской области и др. Разработан Национальный стандарт ГОСТ Р 58854-2020 «Фотограмметрия. Требования к созданию ориентированных аэроснимков для построения стереомodelей застроенных территорий». Разработки компании в 2022 году были широко внедрены в структуру Федеральной кадастровой палаты и будут обеспечивать непрерывный мониторинг кадастра.

В области космического мониторинга российский лидер ГК «СКАНЭКС» отмечает рост спроса на программное обеспечение из-за

проводимой в России программы по импортозамещению. Флагманское ПО компании — ScanEx Image Processor® — мирового качества. Продолжается развитие мониторинговых сервисов, например цифровой платформы Scanex Maritime 2.0 (Морской портал) для мониторинга акваторий морей. В 2021 г. кратно увеличилось число пользователей лесного сервиса Scanex ForestReport. Компания ведет разработки в области технологий искусственного интеллекта. В частности, реализуются проекты в лесном хозяйстве, морские проекты, а также реализован НИОКР по гранту Фонда содействия инновациям, реализуемого в рамках федерального проекта «Искусственный интеллект» национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации». Компания является одним из организаторов конкурса «АгроНТИ» для учащихся сельских школ и малых городов. Уже четвертый год подряд совместно с партнерами «СКАНЭКС» отвечает за реализацию номинации «АгроКосмос». При поддержке Фонда содействия инновациям в рамках реализации программы «Дежурный по планете» и проекта Space π была проведена модернизация приемной станции УниСкан, и впервые в России выполнена передача данных со спутника CubeSat, разработанного компанией «Спутникс», на земную станцию приема по радиолинии X-диапазона.

В области ледового радиолокационного мониторинга выделяется московская компания «Визард». Информационно-технологическая платформа «VIZARD» (ИТП «VIZARD»), созданная компанией, позволяет на основе радиолокационных спутниковых изображений и данных АФС с БАС решать ключевые задачи ледового мониторинга — обнаружение и обмер айсбергов и судов, определение кромки льда и классификация морского ледяного покрова. Принцип работы Системы основан на достижениях последних лет в области нейросетевой обработки изображений и видеопотоков, что позволило добиться высокого быстродействия и предоставлять непосредственно на суда и в береговые центры информацию об опасных ледяных образованиях и распределении льда в акватории в оперативном режиме, обеспечивая безопасность и эффективность морских операций на Арктическом шельфе. Благодаря передовым алгоритмам машинного обучения платформа эффективно определяет текущие параметры ледовой и гидрометеорологической обстановки в зонах интереса, а также прогнозирует их развитие на период до трёх суток.

В сфере комплексного аэрокосмического мониторинга стоит отметить АО «Самара-Информспутник». Компания внедрила Комплексную систему дистанционного мониторинга (КСДМ) Самарской области по 5 направлениям: сельское хозяйство, леса, карьеры, отходы, недвижимость. Сервис космомониторинга встроен в региональное управление — от

цифрового описания объектов учета до верификации объектов с фактическим состоянием и контрольно-надзорной деятельности.

В области мониторинга дорожно-транспортной инфраструктуры работает компания «Геоцентр-Консалтинг». В 2021 году компания запустила новый сервис «RuMap RoadNetworkBuilder» (RNB), который позволяет из ГЛОНАСС/GPS-треков движения транспорта, космоснимков и данных с видеорегистраторов в максимально автоматизированном режиме получать или обновлять граф улично-дорожной сети. Внедрение RNB позволило увеличить скорость создания графа в 3 раза.

Внедрение методов искусственного интеллекта для обработки радиолокационных и лидарных данных на основе ПО PHOTOMOD. Фонд Содействия Инновациям поддержал в 2022 году заявку АО «РАКУРС» (Россия) на получение гранта, предусматривающую расширение функционала и разработку новых модулей фотограмметрической платформы PHOTOMOD для обработки радиолокационных и лидарных данных методами искусственного интеллекта. В рамках проекта будут созданы модули нейросетевой обработки лидарных данных и радиолокационных изображений, библиотеки данных для обучения нейросетей на основе РЛИ и лидарных данных, инструменты автоматизации разметки данных. Это первый в России проект по использованию ИИ для обработки РСА.

АО «ТЕРРА ТЕХ» запустило **геоаналитическую платформу для сельскохозяйственного мониторинга Pixel.AI** на стыке космических технологий дистанционного зондирования Земли и искусственного интеллекта. Первый продукт в линейке геосервисов Pixel.AI направлен на поддержку сельского хозяйства. Платформа Pixel.AI закрывает информационные потребности как фермеров и небольших сельскохозяйственных компаний, так и крупного бизнеса в лице агрохолдингов, банков и страховых компаний, работающих с сельхозактивами. Чтобы отследить состояние территории, пользователю достаточно совершить всего три действия – выбрать область интереса, диапазон дат и отправить заказ в работу. Система самостоятельно отберет данные ДЗЗ, определит границы полей, категории их использования, сформирует готовый отчет для выгрузки.

В области обработки мониторинговых данных стоит отметить Сервис Attractor (компания «Скайер», Москва). Это облачный продукт для автоматической обработки данных с беспилотников, позволяющий производить фотограмметрическую обработку данных без специальных знаний в геодезии, картографии, фотограмметрии или достаточных вычислительных мощностей для крупных разовых задач. Наличие подобных

сервисов существенно упрощает проведение мониторинговых работ, снижая барьер временных и вычислительных ресурсов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для рынка ДЗЗ и мониторинга 2022 год стал во многом определяющим. Ключевыми событиями стали военные действия на территории Украины, которые показали значение оперативного космического мониторинга в локальных конфликтах. Спровоцированный трагическими событиями продовольственный кризис и кризис мировых логистических цепочек заставил многие компании и организации пересмотреть своё отношение к геопространственной информации. В результате будет происходить два параллельных процесса: всё большее внимание будет к рынку со стороны силовых ведомств, что отнюдь не делает его открытым и прозрачным, с другой стороны, рост запроса коммерческого сектора к данным ДЗЗ как источнику информации, позволяющего снизить риски принятия неправильных решений.

Вторым моментом, который будет определять рынок, является глобальное снижение инвестиционной активности в высокотехнологические стартапы, в том числе в аэрокосмические. Это приведет к «остыванию» рынка вокруг технологий, находящихся на ранних этапах развития и заставит многие стартапы не полагаться на деньги инвесторов, а искать пути коммерциализации своих решений. Важно отметить и тот факт, что инвестиции «в железо» (производство) показывают глобальное снижение, вследствие чего ждать появления на рынке новых систем для мониторинга не приходится.

Третьим моментом становятся геополитические кризисы, в результате которых рынок ДЗЗ и ГИС всё больше локализуется. С одной стороны это приводит к появлению локальных игроков и снижению зависимости от монополий, с другой стороны, во многих случаях это тормозит технологический прогресс, скорость внедрения технологий, увеличивает диспропорции в ситуационной осведомленности в разных уголках мира.

Ключевыми изменениями отрасли ДЗЗ за последние десять лет стали: преобразование организационной структуры рынка, увеличение количества и качества съемочной аппаратуры, рост производительности и автоматизации технологий обработки данных. Эти изменения стали ключевыми в формировании рынка мониторинга. Изменение структуры бизнеса на рынке ДЗЗ характеризовалось процессом слияния «старых» игроков в большие корпорации (Maxar, HEXAGON, Airbus), пик которого пришелся на 2010-2016 годы. Примерно в это же время можно наблюдать появление десятков стартапов, внешний успех которых связан с большими инвестициями в маркетинговое продвижение. Успех частных компаний заставил государственные структуры пересмотреть своё отношение к имеющимся в их

распоряжении национальным системам ДЗЗ. Например, активные шаги предпринимаются ГК «Роскосмос» для коммерциализации российских космических снимков, в том числе и вывода их на внешние рынки. Перспективы развития отрасли ДЗЗ кроются в доступности космических и аэрофотоснимков. Снижение их стоимости, наряду с простыми технологиями поиска, отбора и заказа данных безусловно будет рождать спрос. Вторым моментом является переход от покупки «сырых» снимков к приобретению аналитических данных. Аналитика данных ДЗЗ – одна из самых востребованных услуг в геоиндустрии. Колоссальный объем данных, накопленный к настоящему моменту, становится всё более доступным массовому потребителю. Происходит развитие сервисов «от сырых снимков – к пространственной информации». Третьим фактором является предложение космических стартапов приобретать спутники, уже эксплуатируемые на орбите. Стоит отметить, что этот процесс не был запущен молодыми компаниями. Впервые, такую сделку осуществила компания Airbus, продав действующий КА Spot-7 Азербайджану [66].

Активно развиваются мультиагентные системы в качестве технологической платформы сбора пространственных данных. Технологические схемы: «космос – аэро - БАС» и «сканер – оптика – лазер» нашли широкое применение при решении различных производственных задач.

Локальные процессы в сфере ДЗЗ и мониторинга будут определяться процессами суверенизации ДЗЗ, при котором каждая страна будет обладать собственной группировкой спутников ДЗЗ, нацеленных на съемку территории страны. О таких проектах уже заявил ICEYE (запуск РСА для США), LatConnect (Австралия), NaraSpace Technology (Корея). С ростом локализации космических систем будет происходить разработка внутригосударственных нормативов, законов и стратегий развития отраслей, связанных с ДЗЗ. С одной стороны, это откроет путь к внедрению результатов аэрокосмического мониторинга в различные индустрии, с другой стороны, как показывает практика это приводит к ограничению глобальной конкуренции.

Как уже отмечалось, ключевой характеристикой мониторинговых систем ДЗЗ является получение данных с предопределенной частотой и характеристиками. Этому способствуют запросы крупных инфраструктурных и ресурсодобывающих компаний. Такие космические стартапы как Orbital Sidekick, Satellite Vu, Satlantis создают специализированные мультиспектральные и гиперспектральные КА под конкретного заказчика.

Для компаний рынка НТИ в России определяющими будут законодательные изменения, которые происходят по линии Росреестра,

Минстроя, Рослесхоза и других министерств, отвечающих за формирование базовых пространственных данных. В конце 2021 года было одобрено создание Публично-правовой компании (ППК) «Роскадастр». Создание данной ППК укладывается в логику подписанного постановления о создании Национальной системы пространственных данных. В профессиональной среде коммерческих игроков есть опасения монополизации картографо-геодезических, мониторинговых и кадастровых работ новой ППК, что негативно повлияет и на без того не богатый рынок.

Рынок, как считают многие представители отрасли [67] будет всё больше определяться государственным заказом. Крупные государственные компании всё активнее входят на рынок геоданных. Государственные компании «Роскосмос» и «Росатом» запустили акселерационные программы, активное участие в которых приняли компании рынка ГИС и ДЗЗ. Стоит отметить возросшее количество запросов российских сырьевых и инфраструктурных гигантов на инновационные решения по сбору и обработке геоданных, обеспечения мониторинга объектов. Отчасти начинают сказываться санкционные и экономические ограничения, а также проводимая политика импортозамещения.

Ключевыми в ближайшие пару лет станут мероприятия по реализации различных дорожных карт и исполнение новых федеральных законов. Нельзя сказать, что они сильно повлияют на отрасль, скорее они закрепят то положение, которое имеется к настоящему времени. Точек рыночного роста, очевидно, не становится больше и компании будут вынуждены искать различные формы частной и государственной поддержки, в том числе лоббировать собственные интересы, а также активно предлагать свои решения за рубежом.

Крупные компании («Сбер», «Яндекс», и др.) будут продолжать разработки в закрытом режиме, создавая платформенные решения, где клиент будет получать всё «под ключ», это, в первую очередь, касается геоаналитики и мониторинга. Вероятны технологические партнёрства, а также слияния и поглощения.

Рынок аэрокосмического мониторинга будет определяться не только новыми технологическими возможностями, но и изменениями в спросе, трансформацией бизнесов потребителей технологий, изменением геополитических реалий. Эти вопросы должны быть изучены отдельно с учетом тех технологических подходов, которые обозначены в данном исследовании.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Аэрокосмический мониторинг объектов нефтегазового комплекса. Под редакцией академика В. Г. Бондура – М.: Научный мир, 2012. - 558 с.
2. Аэрокосмический мониторинг: учебно-методическое пособие. Л.А. Коновалов, Е.М. Митрофанов, С.И. Чумаченко, М.Д. Князева. — Москва: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2021. - 71 с.
3. Г.Г. Язерян, «Комплексный аэрокосмический мониторинг водохозяйственных систем» / Ракетно-космическое приборостроение и информационные системы. // 2015, том 2, выпуск 2. - С. 58-64.
4. Аэрокосмические методы географических исследований: учебник для студ. учреждений высш. проф. Образования. Ю. Ф. Книжников, В. И. Кравцова, О. В. Тутубалина. — 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Издательский центр «Академия», 2011.
5. «Мониторинг как метод исследования и представления знаний», И. Фарман / «Философия науки» // №17, 2012 г. - С. 256-269.
6. What is the Landsat satellite program and why is it important? /USGS// <https://www.usgs.gov/faqs/what-landsat-satellite-program-and-why-it-important>
7. Выявление возможностей коммерциализации технологий ситуационных центров оперативного мониторинга и реагирования на базе беспилотных авиационных и космических систем в единой информационной коммуникационной среде. АНО «ЦЕНТР «АЭРОНЕТ». Москва, 2020
8. <https://www.alliedmarketresearch.com/satellite-based-earth-observation-market-A07765> [Электронный ресурс]
9. Northern Sky Research, Satellite-Based Earth Observation (EO). / E.9. // 2017.
10. Euroconsult, Satellite-Based Earth Observation: Market Prospects to 2026.: / Euroconsult. – 2017.
11. Report on Satellite-Based Earth Observation: Market Prospects to 2026., <http://earsc.org/news/euroconsult-report-on-satellite-based-earth-observation-market-prospects-to-2026> [Электронный ресурс]
12. <https://www.blacksky.com/2022/09/19/blacksky-wins-14-million-in-orders-to-monitor-critical-global-economic-activity/> [Электронный ресурс]
13. <https://www.planet.com/pulse/planet-signs-contract-to-provide-german-federal-agencies-with-daily-satellite-imagery/> [Электронный ресурс]
14. Industry Survey 2020. EARSC Secretariat. <https://earsc.org/wp-content/uploads/2021/10/Industry-survey-2020.pdf> [Электронный ресурс]
15. <https://www.nsr.com/street-insider-earth-observation-market-to-generate-73-billion-by-2030-via-convergence-of-trends/> [Электронный ресурс]

16. Space-borne sensing and green applications. Patent insight report/ epo.org <https://www.espi.or.at/wp-content/uploads/2022/10/Space-borne-sensing-and-green-applications-report.pdf> [Электронный ресурс]
17. <https://newsletter.terrawatchspace.com/p/the-state-of-commercial-earth-observation> [Электронный ресурс]
18. <https://www.spacex.com/starshield> [Электронный ресурс]
19. SpaceAlpha Insights. The Global SAR Market. 2022. <https://www.alphainsights.space/sar-market-impact-paper>
20. Aerial Imaging Market. Dec. 2021. Allied Market Research. <https://www.alliedmarketresearch.com/aerial-imaging-market>
21. Петухов М.И. Технологии цифровой реальности Гексагон. Доклад на конференции «ЦИФРОВАЯ РЕАЛЬНОСТЬ: космические и пространственные данные, технологии обработки», Иркутск, 2021 г. <https://conf.racurs.ru/conf2020/itogi/index.php>
22. Мингсе Шу. 3D Scene China. Доклад на конференции «ЦИФРОВАЯ РЕАЛЬНОСТЬ: космические и пространственные данные, технологии обработки», Иркутск, 2021 г. <https://conf.racurs.ru/conf2020/itogi/index.php>
23. <https://www.eaasi.eu/post/eaasi-ascends-to-new-heights> [Электронный ресурс]
24. LiDAR market by Technology (2D, 3D, 4D), Component (Laser Scanning, Navigation and Positioning Systems), Installation (Aitborne and Ground Based), Range, Service, End-Use Application, and Region (2021-2026). LiDAR Market Report. Dec, 2021. MarketsandMarkets. <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/lidar-market-1261.html>
25. <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/thermal-imaging-market-1300.html> [Электронный ресурс]
26. <https://www.nasa.gov/press-release/goddard/2020/nasa-technology-to-reveal-crop-health-insights-for-agriculture-industry> [Электронный ресурс]
27. The GEOINT Playbook Report by Space Capital, 2022.
28. <https://www.alliedmarketresearch.com/satellite-data-services-market-A06428> [Электронный ресурс]
29. Freddie Kalaitzis, Maral Bayaraa, Cristian Rossi. State-of-AI-for-Earth-Observation. A concise overview from sensors to applications./ Catapult // 2022. – С. 52
30. А. А. Асташкин, А. В. Карелин, и др. Обзор орбитальных группировок космических аппаратов оперативного метеонаблюдения / Вопросы электромеханики // Труды ВНИИЭМ Т. 181 № 2 2021. - С. 24-55.
31. <https://newsletter.terrawatchspace.com/p/demystifying-weather-from-space> [Электронный ресурс]

32. <https://www.alliedmarketresearch.com/weather-forecasting-services-market> [Электронный ресурс]
33. <https://regnum.ru/news/innovatio/3534471.html> [Электронный ресурс]
34. <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/location-intelligence-market> [Электронный ресурс]
35. Start-Up Space Update On Investment In Commercial Space Ventures, Bryce Tech. 2022.
36. <https://newsletter.terrawatchspace.com/p/demystifying-weather-from-space> [Электронный ресурс]
37. The iPhone Moment for the Space Industry: Dealing with The Hype around Earth Observation, TerraWatch, 2022 <https://newsletter.terrawatchspace.com/p/the-iphone-moment-for-the-space-industry-dealing-with-the-hype-around-earth-observation> [Электронный ресурс]
38. PWC. Main Trends & Challenges in the Space Sector. 2022.
39. Перспективы развития частной космонавтики в России / АНО «ЦЕНТР «АЭРОНЕТ» // 2019. <http://nti-aeronet.ru/wp-content/uploads/2020/02/Perspektivy-razvitiya-chastnoj-kosmonavтики-v-Rossii.pdf>
40. <https://www.alliedmarketresearch.com/leo-and-geo-satellite-market-A09227> [Электронный ресурс]
41. Обзор трендов развития космического дистанционного зондирования Земли. <https://gisgeo.org/obzor-trendov-razvitiya-kosmicheskogo-distanczionnogo-zondirovaniya-zemli/> [Электронный ресурс]
42. <https://www.geoweekevents.com/news/a-new-plugin-brings-geospatial-3d-datasets-to-unreal-engine-5> [Электронный ресурс]
43. Формирование предложений по прогнозированию перспективных отраслевых потребностей в данных ДЗЗ, продуктах и сервисах на их основе. Отчет ВШЭ. 2019
44. Пространственные данные: потребности экономики в условиях цифровизации. Исследование Росреестр, 2020
45. <https://gisgeo.org/trendy-rynka-geoinformaczionnyh-tehnologij-chast-3/> [Электронный ресурс]
46. <https://conf.racurs.ru/conf2022/itogi/index.php> [Электронный ресурс]
47. <https://www.bbc.com/news/technology-59703521> [Электронный ресурс]
48. Попова С.М., Уваров В.Б., Яник А.А. Регулирование дистанционного зондирования Земли из космоса: международный опыт // Международное право. – 2022. – № 3. – С. 1 – 27.
49. «Нормативное обеспечение сферы применения аэрофото- и космосъёмки для фиксации административных правонарушений» / АНО «ЦЕНТР

«АЭРОНЕТ» // 2018. <http://nti-aeronet.ru/wp-content/uploads/2019/03/Ajerofoto-i-kosmosemka.pdf>

50. Malysheva, N. R., & Gurova, A.M. (2020). Models of legal regulation of activity in the field of remote sensing of the Earth in the world: experience for Ukraine / Space Science and technology // 4 (125), - С86-110.

51. Заичко В.А., Кутумов А.А., Шведов Д.О. о проведении госкорпорацией «Роскосмос» работ по стандартизации данных дистанционного зондирования земли из космоса / Сборник информационных материалов (научно-практический журнал) // Выпуск №1, 2022. – С. 3-8

52. Заичко В.А., Кутумов А.А. работы, проводимые госкорпорацией «Роскосмос» по совершенствованию нормативно-правовой базы в области дистанционного зондирования земли из космоса дистанционное зондирование земли из космоса в России. / Сборник информационных материалов (научно-практический журнал) // Выпуск №1, 2022. – С. 11-15

53. <https://base.garant.ru/404817579/?ysclid=lbhj995gdj177052451>

[Электронный ресурс]

54. London Economics for ESA, The Value of Earth Observation Information to European Decision-Makers: Case Studies from ESA Aeolus-1 and Aeolus-2 missions, 2022

55. <https://gisgeo.org/sozdan-czentr-kompetenczij-nti-po-geodannym/>

[Электронный ресурс]

56. <https://gisgeo.org/dynamic-world-geoportal-analiziruyushhij-izmenenie-mirav-realnom-vremeni/> [Электронный ресурс]

57. <https://gisgeo.org/rosatomflot-zakazal-sozдание-edinoj-platformy-czifrovyyh-servisov-severnogo-morskogo-puti/> [Электронный ресурс]

58. <https://gisgeo.org/rosatomflot-zakazal-sozдание-edinoj-platformy-czifrovyyh-servisov-severnogo-morskogo-puti/> [Электронный ресурс]

59. Слияния и поглощения мирового геоинформационного и ДЗЗ рынков (2001-2020), Проект GISGeo, 2020. <https://gisgeo.org/sliyaniya-i-pogloshheniya-mirovogo-geoinformaczionnogo-rynka-2001-2020/> [Электронный ресурс]

60. <https://gisgeo.org/obzor-investiczij-mirovogo-rynka-gis-i-dzz/> [Электронный ресурс]

61. <https://gisgeo.org/obem-i-dinamika-vyruchki-kompanij-rynka-gis-i-dzz-rossii-s-2015-po-2020-gody/> [Электронный ресурс]

62. Аналитический отчет. Выявление, анализ и актуализация сведений в отношении отечественных компаний, осуществляющих деятельность в области беспилотной авиации, АНО «ЦЕНТР «АЭРОНЕТ», 2021-2022. <http://nti-aeronet.ru/wp-content/uploads/2022/01/Analiticheskij-otchet.->

Vyjavlenie-analiz-i-aktualizacija-svedenij-v-otnoshenii-otchestvennyh-kompanij-osushhestvlyajushhih-deyatelnost-v-oblasti-bespilotnoj-aviacii.pdf

63. Аналитическое исследование об инвестиционной активности на рынке беспилотных авиационных систем, продуктов и услуг на их основе. Инфраструктурный центр по направлению Аэронет НТИ, 2018. <http://nti-aeronet.ru/wp-content/uploads/2019/10/Analiticheskoe-issledovanie-ob-investicionnoj-aktivnosti-na-rynke-bespilotnyh-aviacionnyh-sistem-produktov-i-uslug-na-ih-osnove-.pdf>

64. <https://earsc.org/2014/12/02/azercosmos-ojc-to-operate-spot-7-high-resolution-optical-earth-observation-satellite/>. [Электронный ресурс]

65. Е. Курышев. Тренды рынка геоинформационных технологий / IT News // Часть 1,2,3. 2021, 2022.

66. Drone Industry Insights. Drone Market Map. 2022

67. Earth Observation Operating Stack. TerraWatch Space. 2022.

68. <https://www.reuters.com/business/energy/global-carbon-markets-value-surged-record-851-bln-last-year-refinitiv-2022-01-31/> [электронный ресурс]

ПРИЛОЖЕНИЕ 1.

Параметры аэрофотосъемки в зависимости от характеристик камеры

Широкоформатные аэрофотокамеры (UltraCAM, DMC), устанавливаемые на пилотируемые самолёты

Фокусное расстояние (мм)	120	120	210	210	210
Размер пиксела (м)	0,1	0,05	0,05	0,10	0,03
Высота съемки (м)	3000	1500	2625	5250	1500
Полоса захвата (вдоль/поперёк) (м)	2646/1700	1323/850	1323/850	2646/1700	756/486
Площадь (км ²)	4,5	1,12	1,12	4,5	0,37

Среднеформатные камеры (могут быть использованы на БАС и на пилотируемых ЛА)

Фокусное расстояние (мм)	50	50	80	80	80
Размер пиксела (м)	0,1	0,05	0,05	0,10	0,03
Высота съемки (м)	962	480	769	1538	480
Полоса захвата (вдоль/поперёк) (м)	1032/775	515/387	516/388	1032/775	322/242
Площадь (км ²)	0,80	0,20	0,20	0,80	0,08

Малоформатные камеры, наиболее используемые на БАС

Фокусное расстояние (мм)	35	35	80	80	80
Размер пиксела (м)	0,005	0,010	0,010	0,005	0,002
Высота съемки (м)	35	70	160	80	35
Полоса захвата (вдоль/поперёк) (м)	41/31	83/62	83/62	41/31	18/14
Площадь (м ²)	1,2	5,1	5,1	1,2	245

Мульти, гипер и тепловизионные сенсоры

Носитель	Высота съемки	Разрешение тепловизора (м)	Разрешение мульти- спектрально й камеры (м)	Разрешение гипер- спетральной камеры (м)
БАС	30	0,07	0,01	0,02
БАС	122	0,28	0,06	0,08
Вертолет	270	0,05	0,14	0,19
Пилотируемый самолёт	500	0,10	0,25	0,36
Пилотируемый самолёт	1000	0,20	0,50	0,71
Пилотируемый самолёт	2000	0,40	1,0	1,43
Пилотируемый самолёт	3000	0,60	1,5	2,14

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Точности космических систем зондирования

Для сканирующих систем в видимом диапазоне

Носитель	Высота орбиты (км)	Достижимая точность в плане (X,Y), м	Достижимая точность по высоте (Z), м	Разрешение (м/пкс)
Космический аппарат, видимый диапазон съемки	450–770	1–5m (CE90)	3–4m (LE90)	0.35–0.8

Для сканирующих мультиспектральных, гиперспектральных и радиолокационных космических систем

Носитель	Высота орбиты (км)	Достижимое разрешение (м/пкс) для мультиспектральных сенсоров	Достижимое разрешение (м/пкс) для гиперспектральных сенсоров	Достижимое разрешение (м/пкс) для радиолокационных сенсоров
Космический аппарат	450–770	1–6	1.25–3.7	1–5

Сводная таблица аэрокосмических систем мониторинга.

Задача	Периодичность	Тип съемки	Точность	Платформа
Картографирование территории стран	Один раз в 3-5 лет для масштабов 1:25 000 и крупнее.	Аэросъемка, космическая съемка	Высокая	Пилотируемые самолёты, КА
Городской мониторинг	Ежегодно	Аэрофотосъемка (наклонная и надирная), лазерное сканирование	Высокая	Пилотируемые самолёты
Картирование объектов культурного наследия	Разовые работы	Аэрофотосъемка (наклонная и надирная), лазерное сканирование	Высокая	БАС
Лесное хозяйство	От 3 месяцев до 5 лет в зависимости от регламентов.	Аэрофотосъемка (стереоскопическая для задач таксации), лазерное сканирование, космическая съемка.	Средняя	Пилотируемые самолёты, БАС, КА
Инфраструктурные сети, строительство	Высокая, от суток	Аэрофотосъемка, лазерное сканирование, тепловизионная съемка	Высокая, средняя	Пилотируемые самолёты, БАС, КА
Кадастр	От 3 до 5 лет	Аэрофотосъемка (стереоскопическая), лазерное сканирование	Высокая	Пилотируемые самолёты, БАС
Мониторинг землепользования	От 1 года	Аэрофотосъемка, космическая съемка	Средняя, низкая	Пилотируемые самолёты, БАС, КА

Сельское хозяйство	От суток	Аэрофотосъемка (мульти и гиперспектральная съемка), космическая съемка	Высокая, средняя	Пилотируемые самолёты, БАС, КА
--------------------	----------	--	------------------	--------------------------------

ПРИЛОЖЕНИЕ 4.

Перечень разработанных ГОСТов в области использования ИИ для обработки данных ДЗЗ

ГОСТ-Р 70321.5-2022: Алгоритмы искусственного интеллекта для определения характеристик древесно-кустарниковой растительности на космических снимках, получаемых с космических аппаратов оптико-электронного наблюдения.

ГОСТ-Р 70321.6-2022: Алгоритмы искусственного интеллекта для распознавания объектов дорожно-транспортной сети на космических снимках, получаемых с космических аппаратов оптико-электронного наблюдения.

ГОСТ-Р 70321.7-2022: Алгоритмы искусственного интеллекта для определения типов объектов дорожно-транспортной сети на космических снимках, получаемых с космических аппаратов оптико-электронного наблюдения.

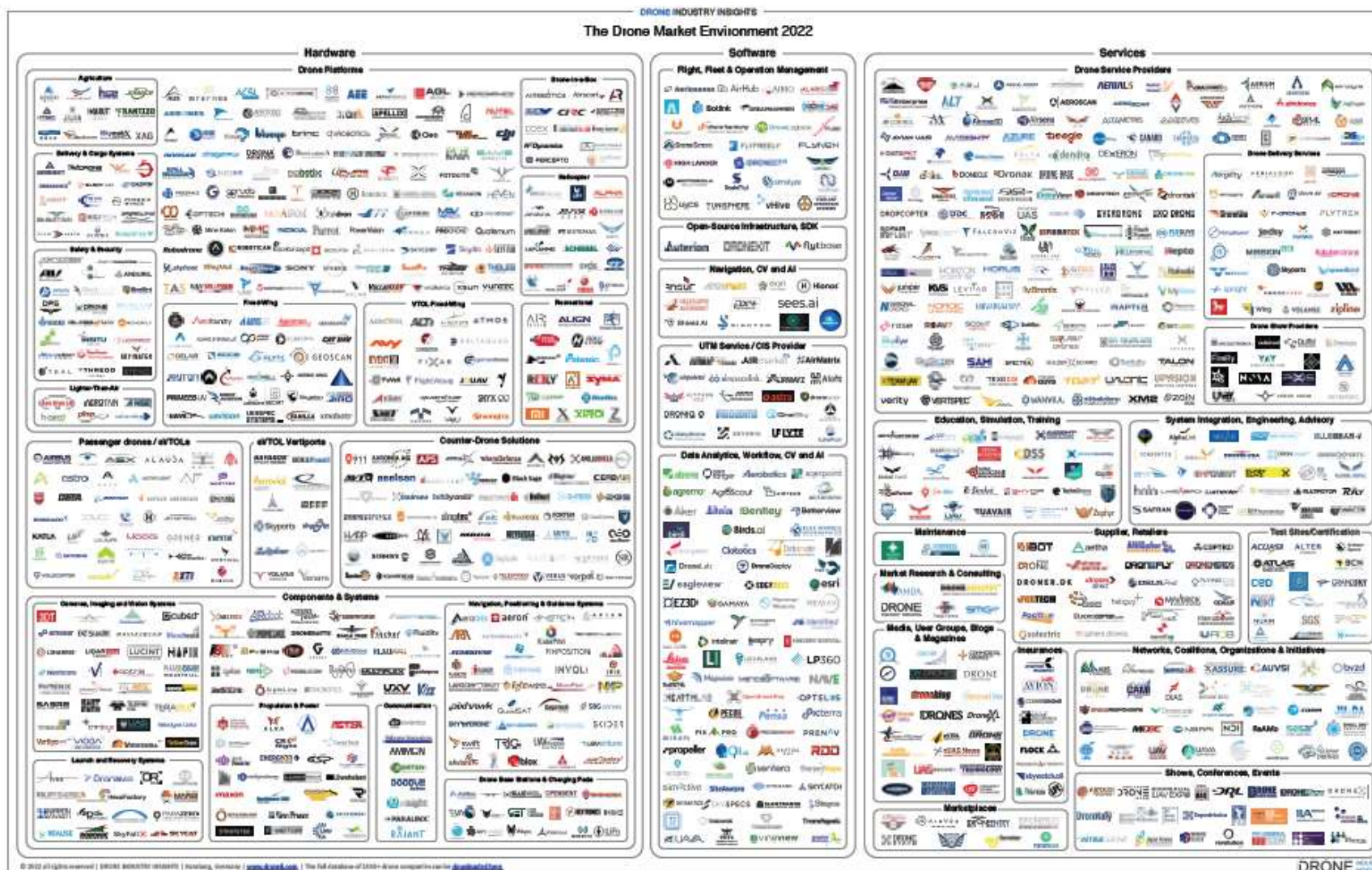
ГОСТ-Р 70321.1-2022: Алгоритмы искусственного интеллекта для распознавания зданий на космических снимках, получаемых с космических аппаратов оптико-электронного наблюдения.

ГОСТ-Р 70321.2-2022: Алгоритмы искусственного интеллекта для определения типов жилых зданий на космических снимках, получаемых с космических аппаратов оптико-электронного наблюдения.

ГОСТ-Р 70321.3-2022: Алгоритмы искусственного интеллекта для оценки площади жилых зданий на космических снимках, получаемых с космических аппаратов оптико-электронного наблюдения.

ГОСТ-Р 70321.4-2022: Алгоритмы искусственного интеллекта для распознавания строящихся зданий на космических снимках, получаемых с космических аппаратов оптико-электронного наблюдения.

Состав рынка БАС, 2022 год [66]



Состав рынка космического дистанционного зондирования:
операторы КА, обработка и анализ данных [69]

