

An aerial photograph of a river delta, likely the Amazon, showing a dense network of dark, winding channels and numerous small islands. The image is overlaid with a color map where blue indicates water and green/yellow indicates land, highlighting the intricate hydrological structure of the region.

# ДИСТАНЦИОННОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ ЗЕМЛИ



# ИТОГИ ЗАПУСКОВ КА ДЗЗ В 2018 ГОДУ: НАСТУПЛЕНИЕ КИТАЯ И ПОСЛЕДСТВИЯ БУМА СТАРТАПОВ



**Алексей Кучейко**

ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ДИРЕКТОР  
ООО «РИСКСАТ»

2018 год стал рекордным для индустрии съемки Земли из космоса по числу запущенных космических аппаратов (КА) массой  $> 100$  кг и числу компаний-стартапов среди операторов систем дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ).

Настоящий обзор основан на материалах открытой печати и охватывает спутники с оптоэлектронными системами (ОЭС), радиолокаторами и радиометрами, позволяющими получать изображения Земли. Все запущенные в 2018 г. спутники разделены на три категории по массогабаритным характеристикам: 1) миниспутники и более крупные КА массой  $> 100$  кг; 2) микро-спутники массой от 10 до 100 кг; 3) наноспутники массой  $< 10$  кг. Целесообразность такого деления связана с распределением финансирования отрасли ДЗЗ и задачами, решаемыми спутниками разных категорий. Так, к спутникам 1-й категории относятся самые дорогостоящие оперативные КА развернутых ранее систем ДЗЗ; 2-я категория — в основном микро-спутники новых

создаваемых коммерческих систем ДЗЗ, а также научные, экспериментальные и технологические КА; 3-я категория — в основном образовательные и технологические кубсаты ДЗЗ, а также наноспутники действующей коммерческой группировки ДЗЗ PlanetScore компании Planet. Наблюдается переход от экспериментов по отработке технологий к массовому развертыванию оперативных гражданских и коммерческих группировок КА съемки Земли.

Как было показано ранее («Земля из космоса», №10 (26) 2019, с. 36), распределение действующих на орбите КА ДЗЗ по странам-операторам подчиняется показательному закону: можно выделить 8 ведущих игроков в индустрии ДЗЗ, среди них (в порядке убывания группировки) США, Китай, ЕС, Япония, Индия, Россия, Израиль и Корея. Перечисленные страны входят также в число лидеров по запускам КА ДЗЗ в 2018 г.

2018 год стал абсолютно рекордным по числу запущенных КА ДЗЗ сразу в двух категориях: в основной

## Запуски КА ДЗЗ всех классов в 2018 г.

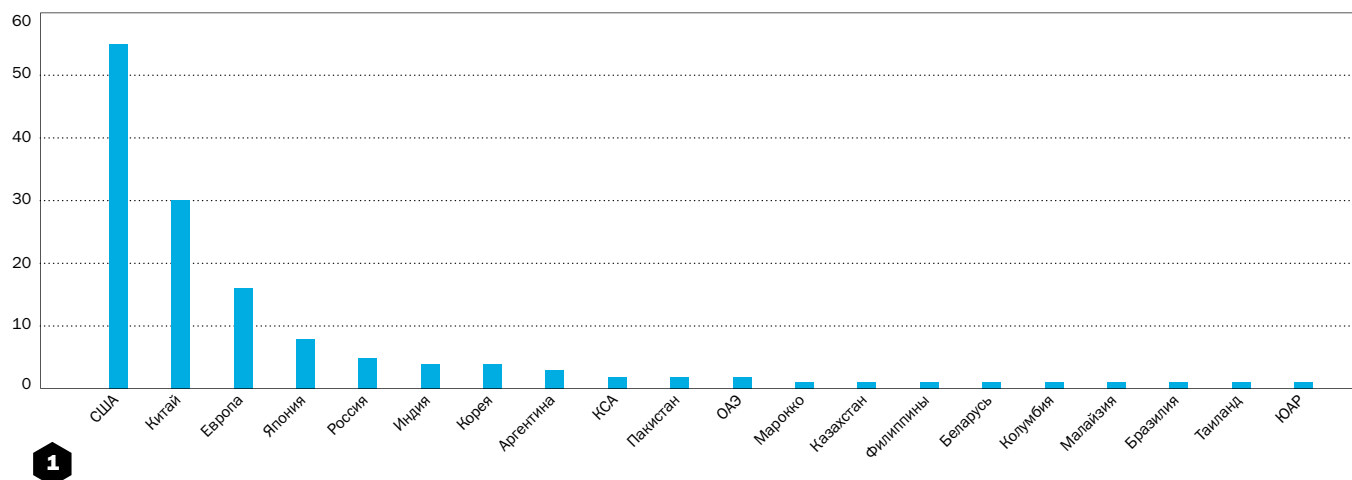


Рис. 1. Распределение запущенных в 2018 г. КА с аппаратурой съемки Земли всех весовых категорий по странам-операторам

группе крупных спутников массой > 100 кг (48 КА вместо 32 КА в 2016 г.) и в категории микро-спутников массой от 10 до 100 кг (22 КА, обычно — 8–16 КА).

Мировыми лидерами по общему числу запущенных КА с аппаратурой съемки Земли в трех категориях (48/22/69) являются США (55 КА) и Китай (30 КА) с большим отрывом от других стран (Европа, Япония, Россия и Индия — 16, 7, 5, 4 соответственно). Основной причиной рекордных показателей стала активизация программ ДЗЗ Китая и других стран, а также развитие коммерческих группировок ДЗЗ (рис. 1). По общему числу запущенных КА во всех трех категориях 2018 г. «уступил» 2017 г. из-за снижения темпа запусков наноспутников серии Dove после создания системы PlanetScore в полном составе (130...150+ КА).

### Итоги запусков в категории КА массой >100 кг

В 2018 г. 16 стран запустили 48 КА с аппаратурой съемки Земли массой > 100 кг (рекорд с начала XXI в. после заката эпохи эксплуата-

ции короткоживущих КА фоторазведки). Основной вклад в рекордный рост внес Китай, запустивший 16 вместо 8–10 КА. Основной съемочной аппаратурой стала оптическая: из 48 запущенных КА 40 оснащены ОЭС (в т. ч. 3 — гиперспектральными камерами), еще 6 — РСА и два — СВЧ приборами. По пространственному разрешению ~19 КА имеют пространственное разрешение ≤1 м (самое востребованное на мировом рынке данных ДЗЗ). 8 КА из 48 относятся к коммерческим группировкам ДЗЗ (табл. 2, рис. 2).

По числу запущенных КА (> 100 кг) лидерство в категории после двух лет вернул себе Китай (в 2016 г. лидером были США (8 КА)). Россия с 5 КА впервые вышла на второе место, оттеснив США на третью позицию. Увеличилось до 6 число КА ДЗЗ, сделанных «под ключ» или при содействии ведущих держав ДЗЗ, в том числе Пакистан, ОАЭ, КСА, Казахстан, Аргентина и Марокко стали операторами спутников, изготовленных компаниями из Китая, Кореи, Франции и Италии.

### Итоги запусков КА ДЗЗ массой от 10 кг до 100 кг в 2018 г.

В 2018 г. 8 стран запустили 23 микро-спутника с аппаратурой съемки Земли массой от 10 кг до 100 кг (абсолютный рекорд в XXI в.). Лидерами являются США (8 КА) и Китай (7 КА). Россия в классе микро-спутников не представлена. Большинство запущенных микро-спутников являются коммерческими (16 из 23 КА), остальные — научные, технологические, образовательные (6) и военный КА (1). Рекордный рост связан с началом развертывания 8 многоспутниковых группировок коммерческих КА США (4 компании), Китая, Аргентины, Финляндии и Японии (все — по 1 компании). По типу аппаратуры съемки Земли основными были оптические приборы — 20 КА с ОЭС (из них 6 (!) — с гиперспектрометрами) и 3 — с РСА X-диапазона. По пространственному разрешению из 23 микро-спутников около 6 КА оснащены аппаратурой с разрешением ≤1 м (самый прибыльный сегмент рынка данных ДЗЗ), 4 КА высокого разрешения (1–10 м), остальные — среднего и низкого разрешения (табл. 3, рис. 3).

## Запуски КА ДЗЗ массой &gt;100 кг

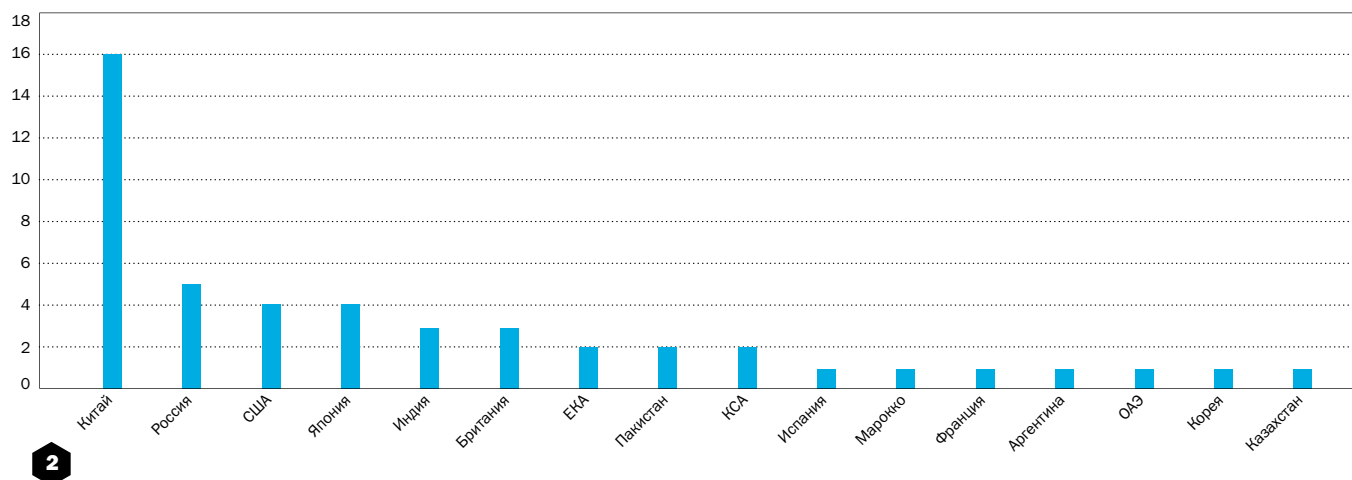


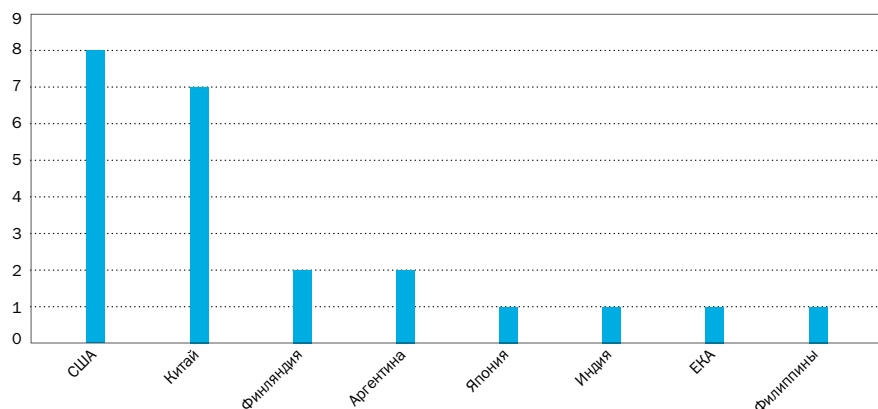
Рис. 2. Распределение запущенных в 2018 г. КА с аппаратурой съемки Земли массой >100 кг по странам-операторам

Табл. 2. Итоги запусков КА ДЗЗ массой >100 кг по странам в 2018 г.

№	Страны	Гражданские, коммерческие и двойного назначения	ВКР	Метеорология	Всего
1	Китай	<i>Gaojing-1-3, 1-4, Jilin-1 Video-3, -4 GF-1-02, -03, -04, GF-5, GF-6, GF-11 HY-1C, HY-2B, CFOSAT (13)</i>	LKW-3, -4	FY-2H	16
2	Россия	Канопус-В №3, №4, №5, №6	Космос-2525		5
3	США	<i>SkySat-14, -15</i>	Topaz-5	GOES-17	4
4	Япония	ASNARO-2, GOSAT-2	IGS Optical-6, -Radar-6		4
5	Индия	Cartosat-2F, Microsat-TD, HySIS			3
6	Британия	<i>CBNT-2, NovaSAR-S1, SSTL-S1</i>			3
7	ЕКА	Sentinel-3B		METOP-C	2
8	Пакистан	PRSS, PakTES-1A			2
9	КСА	SaudiSat-5A, -5B			2
10	Испания	PAZ			1
11	Марокко		Mohammed-VIB		1
12	Франция		CSO-1		1
13	Аргентина	SAOCOM-1A			1
14	ОАЭ	Khalifasat			1
15	Корея			GEO-Kompsat-2A	1
16	Казахстан	KazSTSat			1
<b>Итого</b>	<b>2018/17/16/15</b>	<b>36/20/22/13</b>	<b>8/5/6/8</b>	<b>4/2/4/2</b>	<b>48</b>

Прим. Курсивом выделены КА коммерческих систем ДЗЗ.

### Запуски КА ДЗЗ массой от 10 кг до 100 кг



3

Рис. 3. Распределение запущенных в 2018 г. КА с аппаратурой съемки Земли массой от 10 до 100 кг по странам-операторам

Табл. 3. Итоги запусков микроспутников ДЗЗ по странам в 2018 г.

№	Государство	Микроспутники, от 10 до 100 кг	Наименование КА
1	США	8	<i>Landmapper BC-3, -4, BlackSky Global-1, -2, Capella-1, Arkyd-6, HSAT-1, SeeMe</i>
2	Китай	7	<i>OVS-2A, 4 КА OHS-2A/B/C/D, Tianzhi, LJ-1</i>
3	Финляндия	2	<i>ICEYE X1, X2</i>
4	Аргентина	2	<i>NuSat 4, 5</i>
5	Япония	1	<i>GRUS-1</i>
6	Индия	1	<i>INS-1C</i>
7	ЕКА	1	<i>ESEO</i>
8	Филиппины	1	<i>Diwata-2B</i>
	<b>Итого</b>	<b>23</b>	

Прим. Курсивом выделены КА коммерческих систем ДЗЗ.

### Итоги запусков наноспутников ДЗЗ массой до 10 кг в 2018 г.

В 2018 г. 15 стран запустили 68 наноспутников с аппаратурой съемки Земли массой <10 кг. Число запущенных в 2018 г. КА снизилось по сравнению с 2017 г. (108 наноспутников). Лидерами являются США (43 КА) и Китай (8 КА). Россия в классе наноспутников не представлена. Основным объемом

запусков в категории наноспутников (36 КА из 69) связан с усилиями компании Planet, которая стремится поддерживать численность системы наноспутников Dove системы PlanetScore после полного ее развертывания в 2017 г. По назначению в классе наноспутников представлены коммерческие (Planet), научные, технологические и образовательные и военные КА (3).

По типу аппаратуры съемки Земли основными являются оптические датчики — 67 КА с ОЭС (в том числе с гиперспектрометром и с ОЭС ИК-диапазона) и 1 — с СВЧ-радиометром. По пространственному разрешению большая часть КА Dove обеспечивают съемку с высоким разрешением (ВР 3–5 м), остальные оснащены ОЭС среднего и низкого разрешения. На некоторых КА установлена совмещенная полезная нагрузка — ОЭС и приемники АИС и АЗН-В, на двух КА установлена аппаратура оптической передачи данных (табл. 4).

### Система ДЗЗ США

В 2018 г. в США запущено больше, чем где-либо, спутников с аппаратурой съемки Земли — 55 КА (4/8/43 — мини- и более/микро-/нано-соответственно). Из пяти основных подсистем ДЗЗ — гражданской государственной и коммерческой, метео, военной, научной пополнены все, кроме государственной.

Кроме перечисленных, запущены две научные полезные нагрузки (ПН) на МК: ECOSTRESS (Ecosystem Spaceborne Thermal Radiometer Experiment on Space Station) и GEDI (Global Ecosystem Dynamics Investigation), а также научный КА ICESAT-2 с альтиметром, не включенные в общий учет. Аппаратура ECOSTRESS предназначена для оценки температуры и влагозапаса биомассы в термальном ИК-диапазоне, оценки индексных показателей ранних предвестников засух. ПН GEDI представляет собой лидар для измерения высоты биомассы, толщины снежного покрова и уточнения цифровой модели поверхности.

Быстрыми темпами развивается новый коммерческий компонент национальной системы ДЗЗ: полностью развернута группировка PlanetScore, на этапе создания нахо-

дятся еще четыре системы — SkySat, Landmapper, BlackSky, Capella. Гражданские государственные КА ДЗЗ (класса Landsat, Aqua/Terra) в 2018 г. не запускались, продолжается разработка нового КА Landsat 9 (запуск — в 2021 г.).

### Система ДЗЗ Китая

В 2018 г. Китай запустил 30 КА трех весовых категорий (16/6/8). Пополнение получили все пять основных подсистем ДЗЗ — гражданская государственная и коммерческая, метео, военная и научная.

Гражданская государственная подсистема (самая крупная) получила 6 КА двойного назначения серии GaoFen (GF-1 (3 КА), -5, -6, -11) и два океанографических КА HY-1C, HY-2B. К числу наиболее сложных можно отнести КА двойного назначения GF-11, который экспертное сообщество считает китайским аналогом американского спутника-шпиона «Кихоул-11». По оценкам, GF-11 оснащен ОЭС с зеркальным телескопом диаметром 1,7 м (!) и может обеспечить самую детальную съемку Земли среди всех КА Китая. С учетом того, что спутник выведен на эллиптическую орбиту высотой 242×691 км, разрешение ОЭС может составлять от 8–10 см до 15–20 см при съемке с различных участков орбиты.

В состав военной системы видовой оптоэлектронной разведки вошли два КА LKW-3, -4, в результате развернута четырехспутниковая система LKW. Интересно отметить, что спутники LKW по внешнему виду напоминают французские КА серии Pleiades.

Метеосистема пополнена геостационарным спутником FY-2H, запущен научный франко-китайский океанографический КА CFOSAT.

Быстро развивается гражданский коммерческий компонент ДЗЗ, на

### Запуски КА ДЗЗ массой до 10 кг

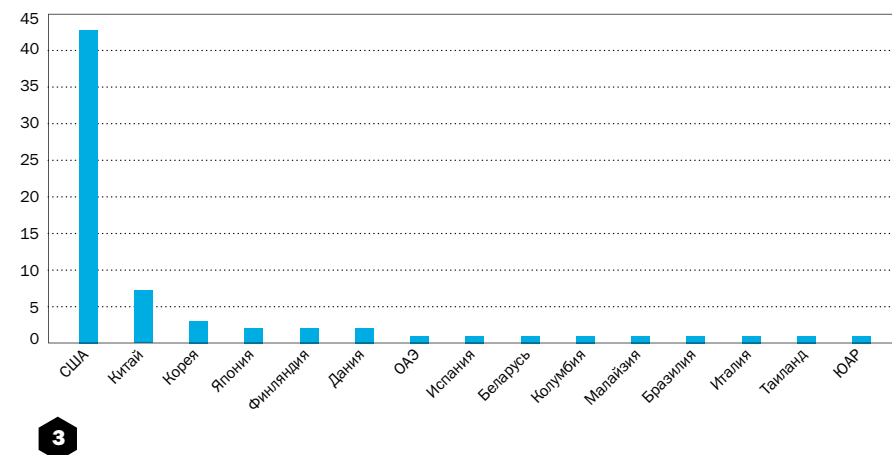


Рис. 3. Распределение запущенных в 2018 г. КА с аппаратурой съемки Земли массой до 10 кг по странам-операторам

Табл. 4. Итоги запусков наноспутников ДЗЗ по странам в 2018 г.

№	Государство	Число КА	Наименование КА
1	США	43	36 КА Flock-3 (Dove), Audacy-0, MicroMas, Tyvak-61C, AC-11, AC-11B, Seahawk, Da Vinci
2	Китай	8	TY 1-03, TY-6, HA-1, FengMaNiu-1, LJ 1-01, TY/DF-1, TS, Douyu-666
3	Корея	3	Kausat-5, K2SAT, SNUSAT
4	Япония	2	TRICOM-1R, RSP
5	Финляндия	2	Reactor Hello World, Suomi-100
6	Дания	2	GOMX-4A, -4B
7	ОАЭ	1	MYSAT-1
8	Испания	1	3Cat-1
9	Беларусь	1	BSUSat-1
10	Колумбия	1	FACSAT-1
11	Малайзия	1	InnoSat-2
12	Бразилия	1	ITASAT-1
13	Италия	1	Eaglet-1
14	Таиланд	1	KNACKSAT
15	ЮАР	1	ZACUBE-2
<b>Итого</b>		<b>69</b>	

Прим. Курсивом выделены КА коммерческих систем ДЗЗ.

этапе развертывания находятся три крупных системы — GaoJing, Jilin-1, Zhuhai OHS/OVS и LuoJia, Wuhan, дополнена ранее развернутая трех-спутниковая китайско-британская система TripleSat (Китай арендует ресурсы британских КА).

Китай ускоренными темпами создает национальную систему ДЗЗ, которая включает все основные виды полезных нагрузок и развивает коммерческие группировки.

### Система ДЗЗ Европы

В 2018 г. страны Европы запустили 16 КА всех категорий (7/3/6). В результате пополнены все пять подсистем ДЗЗ — гражданская государственная и коммерческая, метео, военная и научная.

В гражданской государственной системе завершено развертывание основной части группировки системы Sentinel программы ДЗЗ Copernicus в семиспутниковом составе (2 Sentinel-1A/B; 2 Sentinel-2A/B; 2 Sentinel-3A/B и Sentinel-5). Запущен КА двойного назначения PAZ (Испания) с PCA X-диапазона, созданный совместно с корпорацией Airbus DS, а также британский КА NovaSAR-S с PCA S-диапазона.

Военная система видовой опто-электронной разведки Франции получила новый КА CSO-1 (замена Helios-2A/B) с ОЭС с апертурой диаметром 1,5 м (GSD ~0,35 м), а метеосистема Евросоюза пополнена спутником METOP-C.

Запущен уникальный научный КА Aeolus (ранее ADM — Atmospheric Dynamics Mission) с доплеровским лидаром ALADIN для измерения параметром трехмерного поля ветра (не включен в общий учет).

Быстро развиваются гражданские коммерческие системы, Британия запустила два КА CBNT-2 и SSTL-S1-4 для пополнения систем Earth-i и TripleSat, Финляндия вывела на орбиту два КА-прототипа ICEYS-X1, X2 с PCA X-диапазона.

Страны Европы создают сбалансированную группировку ДЗЗ, отдавая приоритет совместной системе ДЗЗ на основе спутников серии Sentinel.

### Система ДЗЗ России

В 2018 г. Россия запустила 5 КА массой > 100 кг. В состав группировки ДЗЗ России вошли 4 КА «Канопус-В» №3...№6, в военной —

Космос-2525. Из заявленных КА отложены запуски КА «Электро-Л» №3 и «Метеор-М» 2-2. Научных и коммерческих КА ДЗЗ не запущено. Не было запусков КА ДЗЗ двух классов (микро- и нано-) в связи с отсутствием коммерческих систем ДЗЗ и редкими запусками университетских и образовательных наноспутников. Созданная в 2018 г. группировка из 9 гражданских спутников (6 КА «Канопус-В», «Ресурс-П», «Метеор-М», «Электро-Л» №2) не обеспечивает решение всего перечня задач. В России отсутствует действующая система оперативной сплошной съемки территории РФ с разрешением 10–20 м со свободным доступом к данным ДЗЗ (аналогичная системам Landsat, Sentinel, CBERS, Resourcesat).

### Технологические тенденции

Основной тенденцией индустрии ДЗЗ в 2018 г. стал стремительный рост числа КА ДЗЗ (в соответствии с прогнозами и даже с их опережением). Мировыми лидерами стали США и Китай, отмечен повсеместный тренд по созданию или наращиванию коммерческих систем ДЗЗ, а также систем на принципах ЧГП.

Табл. 5. Запуски КА с ОЭС сверхвысокого разрешения (GSD < 0,5 м) в 2018 г.

№	Оператор/ Государство	КА с ОЭС	Масса КА, кг/ Высота орбиты, км	Число КА в системе (+ в 2018 г.)	Пространственное разрешение, м/ширина полосы захвата, км
1,2	Siwei Star/Китай	GaoJing-3, -4	560/530	4 (+2)	0,5 ПХ, 2 МС/12
3	МО, ISRO/Индия	Cartosat-2F	710/505	4 (+1)	0,65 ПХ, 2 МС, видео 0,5/10
4,5	МО/Китай	LKW-3, -4	1 000/496	4 (+2)	<0,5/–
6	CSICE/Япония	IGS-Optical-6	1 000–2 000/511	4 (+1)	0,3/–
7	CNSA, МО/Китай	GaoFen-11	>1 000/248×694	1 (+1)	0,1...0,3 (оценка)/–
8	BBC/Марокко	Mohammed-VIB	1 100/606	2 (+1)	0,7 (0,5 ресемплинг)/–
9	DGA/Франция	CSO-1	3 655/800	1 (план-3) (+1)	0,35/–



Основной съемочной аппаратурой являются ОЭС, кроме мультиспектральных ОЭС используются видеокамеры и гиперспектрометры, 2018 год стал также рекордным по числу КА с РСА L/C/X-диапазонов. По разрешению преобладают системы метрового и субметрового разрешения. Новые приборы — лидары, спектрометры измерения состава атмосферы, скаттерометры, РСА-альтиметры, СВЧ-радиометры, пассивные рефлектометры, приемники сигналов ГНСС и других.

Устойчиво растет число коммерческих группировок ДЗЗ и проектов таких систем в ведущих космических державах. Среди коммерческих систем преобладают КА микрокласса (10...100 кг). Всего 12 компаний-стартапов из США, Китая, Японии, Финляндии, Аргентины и Британии запустили в 2018 г. КА ДЗЗ, из них только компания Planet полностью развернула и пополняла систему PlanetScore из 150...130+ относительно дешевых кубсатов размером 3U. Сроки создания других коммерческих многоспутниковых группировок растягиваются на годы.

В 2018 г. на орбиту выведены 9 КА с оптоэлектронными системами сверхвысокого разрешения ( $GSD < 0,5$  м), пять из них принадлежат Китаю (табл. 5). Кроме того, запущены 8 КА с РСА (три из них — коммерческие проекты).

Происходит быстрое насыщение рынка продуктами от КА ДЗЗ, различающихся по массе и производительности («не все машины — мерседесы»).

Наблюдаются процессы специализации компаний на отдельных процессах цепочки сбора и обработки данных ДЗЗ: изготовление, запуск, управление, прием, облачная обработка. Развивается сектор услуг по приему данных ДЗЗ на распределенные сети станций. Наблюдает-

ся внедрение радиолиний передачи данных в Ка-диапазоне и через оптические терминалы связи в связи с ограниченными частотными ресурсами диапазона X. Широким трендом стало использование ресурсов поставщиков облачных сервисов для ускорения обработки и сокращения операционных расходов. Компания Амазон тестирует собственную инфраструктуру станций приема информации и оперативной обработки данных AWS Ground Station.

Все ведущие страны в области ДЗЗ применяют практику приема данных зарубежных КА ДЗЗ в рамках программ международного сотрудничества, особенно по линии обмена данными открытого доступа.

Национальная группировка РФ в сложившемся составе не позволяет решать широкий перечень социально-экономических задач, отсутствуют многие категории приборов и КА ДЗЗ, редкими являются запуски микро- и наноразмерных КА для исследований и отработки новых технологий (в 2018 г. запуски не осуществлялись). Развитие системы ДЗЗ РФ можно было бы ускорить с помощью мер по привлечению ресурсов научных и образовательных учреждений, коммерческих компаний и корпораций. ¶



