

Руководящие принципы по наилучшим практикам обеспечения готовности пользователей к использованию метеорологических спутников нового поколения

Издание 2017 г.

ПОГОДА КЛИМАТ ВОДА



ВСЕМИРНАЯ
МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКАЯ
ОРГАНИЗАЦИЯ

ВМО-№ 1187

Руководящие принципы по наилучшим практикам обеспечения готовности пользователей к использованию метеорологических спутников нового поколения

Издание 2017 г.



ВСЕМИРНАЯ
МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКАЯ
ОРГАНИЗАЦИЯ

ВМО-№ 1187

РЕДАКТОРСКОЕ ПРИМЕЧАНИЕ

Терминологическая база данных ВМО «МЕТЕОТЕРМ» доступна по адресу: <http://public.wmo.int/ru/ресурсы/«метеотерм»>.

Читателям, копирующим гиперссылки, выделяя их в тексте, следует учесть, что могут появиться дополнительные пробелы, непосредственно следующие за [http://](#), [https://](#), [ftp://](#), [mailto:](#), а также за наклонными чертами (/), дефисами (-), точками (.) и неразрывными последовательностями символов (букв и цифр). Эти пробелы должны быть удалены из вставленного URL. Правильный URL отображается на экране, если навести курсор на ссылку или нажать на нее, а затем скопировать ее из браузера.

ВМО-№ 1187

© Всемирная метеорологическая организация, 2017

Право на опубликование в печатной, электронной или какой-либо иной форме на каком-либо языке сохраняется за ВМО. Небольшие выдержки из публикаций ВМО могут воспроизводиться без разрешения при условии четкого указания источника в полном объеме. Корреспонденцию редакционного характера и запросы в отношении частичного или полного опубликования, воспроизведения или перевода настоящей публикации следует направлять по адресу:

Chairperson, Publications Board
World Meteorological Organization (WMO)
7 bis, avenue de la Paix
P.O. Box 2300
CH-1211 Geneva 2, Switzerland

Тел.: +41 (0) 22 730 84 03
Факс: +41 (0) 22 730 81 17
Э-почта: publications@wmo.int

ISBN 978-92-63-41187-7

ПРИМЕЧАНИЕ

Обозначения, употребляемые в публикациях ВМО, а также изложение материала в настоящей публикации не означают выражения со стороны ВМО какого бы то ни было мнения в отношении правового статуса какой-либо страны, территории, города или района, или их властей, а также в отношении делимитации их границ.

Упоминание отдельных компаний или какой-либо продукции не означает, что они одобрены или рекомендованы ВМО и что им отдается предпочтение перед другими аналогичными, но не упомянутыми или не прорекламированными компаниями или продукцией.

СОДЕРЖАНИЕ

	<i>Стр.</i>
ТИПОВОЙ ПРОЕКТ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ГОТОВНОСТИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ	7
1. СПРАВОЧНАЯ ИНФОРМАЦИЯ	7
2. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ	9
3. ВИДЫ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ, ОСУЩЕСТВЛЯЕМЫЕ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯМИ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ГОТОВНОСТИ	9
3.1 Учреждение проекта по обеспечению готовности пользователей	9
3.2 Составление бюджета и планирование	10
3.3 Научные исследования и разработки	10
3.4 Развитие работы с данными и тестирование	11
3.5 Развитие обработки данных и тестирование	11
3.6 Обучение	11
3.7 Нарращивание потенциала	13
3.8 Вклад в калибровку и валидацию	14
4. ЭТАПЫ РАЗВЕРТЫВАНИЯ СПУТНИКОВЫХ СИСТЕМ	14
5. ПОСТАВЛЯЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОГРАММ ПО РАЗВЕРТЫВАНИЮ СПУТНИКОВ ДЛЯ ПРОЕКТОВ по обеспечению ГОТОВНОСТИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ	16
5.1 Калибровка и оценка точностных характеристик приборов на предпусковом этапе	16
5.2 Спецификации продукции	17
5.3 Спецификации механизма доступа к данным	18
5.4 Средства программного обеспечения и тестовые данные	18
5.5 Оперативные планы и графики	19
5.6 Уведомление пользователей и обратная связь с ними	19
5.7 Учебные ресурсы	20
5.8 Другие поставляемые результаты	20
6. ПЛАН-ГРАФИК ТИПОВОГО ПРОЕКТА ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ГОТОВНОСТИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ	20

ТИПОВОЙ ПРОЕКТ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ГОТОВНОСТИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ

1. СПРАВОЧНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Почти все существующие в мире геостационарные метеорологические спутниковые системы были или будут заменены новым поколением спутников в период с 2015 по 2022 год Китаем, Республикой Корея, Российской Федерацией, Соединенными Штатами Америки, Японией и Европейской организацией по эксплуатации метеорологических спутников (ЕВМЕТСАТ). Спутники нового поколения несут усовершенствованные формирователи изображений, обеспечивающие как минимум 16 спектральных каналов и гибкие средства быстрого сканирования, а также дополнительные инновационные виды полезной нагрузки, такие как картографы молний и зонды для некоторых программ (см. таблицу 1). Другие системы нового поколения будут разворачиваться на полярной орбите и других типах орбит в ближайшее десятилетие.

Таблица 1. Метеорологические спутники нового поколения на геостационарной орбите, 2015—2022 г. (по состоянию на апрель 2017 г.)

Спутник	Оператор	Дата запуска	Долгота	Формирователь изображений	Количество спектральных каналов	Пространственное разрешение (км)	Временное разрешение (полный диск) (минуты)	Бортовой зонд/картограф молний
Himawari-8*	ЯМА	7 окт. 2014 г.	140° в. д.	УФИХ	16	0,5—2	10	-/-
Электро-Л № 2*	РОСГИДРОМЕТ	11 дек. 2015 г.	78° в. д.	МСУ-ГС	10	1—4	15	-/-
INSAT-3DR*	ИСРО	8 сен. 2016 г.	74° в. д.	Формирователь изображений	6	1—8	30	3/-
GOES-P	НУОА	19 нояб. 2016 г.	137° з. д.	УБФИ	16	0,5—2	15	-/К
Himawari-9	ЯМА	2 нояб. 2016 г.	140° в. д.	УФИХ	16	0,5—2	10	-/-
FY-4A	КМУ	10 дек. 2016 г.	86,5° в. д.	УГРФИ	14	1—4	15	3/К
GOES-S	НУОА	2018 г.	75° з. д.	УБФИ	16	0,5—2	15	-/К
Geo-KOMPSAT-2A	КМА	2018 г.	128,2° в. д.	АМП	16	0,5—2	10	-/-
FY-4B	КМУ	2018 г.	105° в. д.	УГРФИ	14	0,5—4	15	3/К
МТП-И/З	ЕВМЕТСАТ	2020—2022 гг.	9,5° в. д.	ГКФИ	16	0,5—2	10	3/К

* Himawari-8, Электро-Л №2 и INSAT-3DR введены в эксплуатацию.

Примечания:

АМП: активный микроволновый прибор; ГКФИ: гибкий комбинированный формирователь изображений; ИСРО: Индийская организация космических исследований; КМА: Корейская метеорологическая администрация; КМУ: Китайское метеорологическое управление; МСУ-ГС: многозональное сканирующее устройство — геостационарное; МТП-И/З: метеоспутник третьего поколения — изображения/зондирование; НУОА: Национальное управление по исследованию океанов и атмосферы Соединенных Штатов Америки;

УБФИ: усовершенствованный базовый формирователь изображений; УГРФИ: усовершенствованный геосинхронный радиационный формирователь изображений; УФИХ: усовершенствованный формирователь изображений Himawari; ЯМА: Японское метеорологическое агентство.

Источник: Инструмент анализа и обзора возможностей систем наблюдений (ОСКАР)/Возможности космических систем — [ОСКАР/Космос](#) (по состоянию на апрель 2017 г.).

Спутники нового поколения позволят значительно улучшить качество спутниковой продукции и обслуживания, предоставляемого Членами ВМО, при условии что пользователи смогут эффективно воспользоваться их преимуществами: интеграция новых типов данных в оперативные схемы с общими объемами данных, на порядок превышающими сегодняшние объемы, окажет значительное воздействие на инфраструктуру пользователей, их системы, применение и обслуживание и потребует скоординированных действий на научном, техническом, финансовом, организационном и образовательном уровнях. Своевременная и тщательная подготовка со стороны пользователей спутниковых данных крайне важна для предотвращения сбоев в оперативной работе в процессе перехода на эти новые системы, а также для обеспечения того, чтобы Члены ВМО могли эффективным образом использовать преимущества новых возможностей как можно быстрее.

В принятых на пятнадцатой сессии Комиссии ВМО по основным системам (КОС) (*Сокращенный окончательный отчет с резолюциями и рекомендациями пятнадцатой сессии Комиссии по основным системам (ВМО-№ 1101)*) Руководящих указаниях Комиссии по основным системам по обеспечению готовности пользователей к спутникам нового поколения, касающихся подготовки пользователей к использованию метеорологических спутников нового поколения, содержится призыв (дополнение I, дополнение к пункту 4.2.36 общего резюме) к учреждению «каждой заинтересованной НМГС [национальной метеорологической или гидрологической службой] или другой организацией, являющейся оперативным пользователем, проекта по обеспечению готовности пользователей с акцентом на внедрении потоков новых спутниковых данных в оперативную деятельность (должен начинаться приблизительно за пять лет до запуска)».

В этом контексте Семнадцатый Всемирный метеорологический конгресс (2015 г.) в своей резолюции 37 (КГ-17) «Подготовка к использованию новых спутниковых систем» настоятельно рекомендовал «всем заинтересованным Членам в преддверии начала работы новых спутниковых систем разработать проекты подготовки пользователей в соответствии с Руководящими указаниями КОС по обеспечению готовности пользователей к использованию спутников нового поколения».

Одним из главных препятствий для планирования проекта по обеспечению готовности пользователей является несвоевременная доступность информации, спецификаций, а также данных и инструментов, используемых при развертывании спутниковых систем. Таким образом для учреждения проекта по обеспечению готовности пользователей важно подробно рассматривать срок развертывания спутниковых систем и его связь с планированием готовности пользователей.

В связи с этим исключительно важно, чтобы разрабатывающие спутники учреждения и операторы спутников предоставляли подробные и актуальные планы своей деятельности, осуществляемой в поддержку проектов по обеспечению готовности пользователей. Несмотря на то что деятельность по обеспечению готовности пользователей является конкретным элементом текущих программ по развертыванию спутниковых систем, таких как Himawari-8/9 или GOES-R, спутниковые операторы часто не предоставляют сообществу пользователей на систематической основе актуальные графики получения поставляемых результатов.

По этой причине Семнадцатый Всемирный метеорологический конгресс (резолюция 37) также настоятельно призвал «спутниковых операторов регулярно и своевременно предоставлять обновленную информацию по новым системам через соответствующие средства, и особенно с использованием САТУРН [Навигатор готовности пользователей спутников] и ОСКАР».

В связи с этим Космическая программа ВМО проанализировала то, каким образом типичный цикл развертывания спутниковых систем соотносится с проектами по обеспечению готовности пользователей, в результате чего было подготовлено резюме наилучших практик и общий график осуществления проекта (основные положения в таблице 2). Общий график осуществления проекта показывает, какая информация должна быть доступна в какое время относительно запланированного запуска, чтобы уложиться в график подготовки пользователей и соблюсти условия развертывания спутниковых систем.

2. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

В настоящей публикации комплексным образом представлены наилучшие практики для проектов по обеспечению готовности пользователей, выполняемых организациями-пользователями (например, НМГС), а также для программ по развертыванию спутников в поддержку готовности пользователей. В документе содержатся определения и сроки получения поставляемых результатов, которые должны быть переданы программами по развертыванию спутников проектам по обеспечению готовности пользователей.

Таким образом, содержащиеся в настоящей публикации наилучшие практики применяются как к организациям-пользователям (раздел 3), так и к операторам спутников (раздел 5).

Настоящая публикация преимущественно ориентирована на членов Координационной группы по метеорологическим спутникам (КГМС) и ВМО, однако содержащаяся в ней информация может также оказаться полезной и для более широкого сообщества пользователей.

3. ВИДЫ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ, ОСУЩЕСТВЛЯЕМЫЕ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯМИ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ГОТОВНОСТИ

Эти виды деятельности должны осуществляться организациями для обеспечения готовности к использованию спутников нового поколения.

3.1 Учреждение проекта по обеспечению готовности пользователей

Крайне важно начинать планирование заранее. В настоящей публикации предполагается, что пользователям необходимо подготовиться к совершенно новому поколению спутников, в связи с чем проект по обеспечению готовности пользователей должен быть определен за пять лет до запуска. В частности, крайне важно:

- a) четко определить итоговые и поставляемые результаты проекта;
- b) определить четкий круг полномочий и сферу ответственности;
- c) обеспечить наличие надлежащего бюджета для всех видов деятельности;
- d) составить четкий план подготовки к введению в эксплуатацию обновленной инфраструктуры и предоставлению новых видов обслуживания.

Проект по обеспечению готовности пользователей должен учитывать следующее:

- a) новые возможности, а также улучшение существующих возможностей;
- b) непрерывность предоставления оперативного обслуживания, включая анализ исключительно важных путей перехода;

10 РУКОВОДЯЩИЕ ПРИНЦИПЫ ПО НАИЛУЧШИМ ПРАКТИКАМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ГОТОВНОСТИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ К ИСПОЛЬЗОВАНИЮ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ СПУТНИКОВ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

- c) максимальные выгоды от существующих активов и защиты инвестирования;
- d) максимальное повышение ценности обслуживания в течение всего периода перехода.

Проект также должен включать подробную оценку возможностей и рисков.

Во время осуществления проекта особое внимание должно уделяться:

- a) необходимости наличия целевого проекта и руководителя проекта (важное значение имеет общая подотчетность);
- b) поддержанию контакта с оператором спутника для получения обновленной информации;
- c) регулярной коммуникации с ключевыми руководителями и заинтересованными сторонами проекта (для поддержания поступательного движения вперед и противодействия недостоверной информации);
- d) мониторингу ключевых этапов проекта в целях активизации деятельности, в случае необходимости;
- e) обеспечению поддержки со стороны руководства и его вовлечения, в случае необходимости;
- f) управлению ожиданиями в отношении доступности новой продукции.

3.2 Составление бюджета и планирование

Процесс составления бюджета и планирования имеет крайне важное значение и должен начинаться заблаговременно. В некоторых случаях спутниковая система нового поколения может являться фактором, обуславливающим значительную модернизацию инфраструктуры, в связи с чем расширенные функциональные требования с точки зрения сбора, хранения и сетей передачи данных должны быть известны с заблаговременностью во много лет, с тем чтобы включить необходимые меры по модернизации в долгосрочные планы развития и инвестирования. Необходимо задавать реальные сроки и другие условия в графиках, чтобы избежать трудностей при планировании, например, в связи с задержкой запуска.

Основной задачей организации-пользователя является защита инвестиций в действующие оперативные программы и заблаговременное понимание того, когда необходимы или неизбежны дополнительные инвестиции для достижения готовности к новым спутниковым системам. По этой причине заблаговременная информация о движущих факторах инвестирования чрезвычайно важна для целей составления бюджета и планирования.

3.3 Научные исследования и разработки

В этом контексте «научные исследования и разработки» относятся к тому этапу деятельности, на котором осуществляется подготовка применения спутниковых данных нового поколения с точки зрения пользователей. Это обычно включает разработку методов усвоения данных численного прогнозирования погоды (ЧПП) с использованием спутниковых данных нового поколения, по мере необходимости, или разработку новой или адресной специализированной продукции для конкретных областей применения, например, такими центрами, как Центр спутниковых применений (ЦСП) EUMETSAT. Такая деятельность обычно включает анализ воздействия функций спектрального отклика (ФСО) прибора, поля зрения (ПЗ) прибора и моделей радиационного переноса, используемых при моделировании приборов. Планирование такой деятельности в значительной мере зависит от степени новизны прибора. В случае модернизированной

версии существующей серии прибора период заблаговременности можно значительно сократить, а некоторые этапы (например, модельные данные) полностью исключить. Однако применительно к абсолютно новым приборам (таким как инфракрасный зонд на МСТ-3) данные о ФСО начального приближения могут быть полезны уже за два года до даты запуска, а также для таких приборов весьма полезны будут модельные данные.

3.4 Развитие работы с данными и тестирование

Эта деятельность включает в себя разработку и покупку новых систем приема спутниковых данных, а также модернизацию возможностей доступа к наземным сетям (Интернет и Региональная сеть передачи метеорологических данных), необходимым для работы с увеличенным потоком данных. Она будет также включать в себя модернизацию баз данных наблюдений, краткосрочных и долгосрочных архивов, а также внутренних сетей и общих информационно-технических возможностей для визуализации, мониторинга и обработки.

Крайне важно, чтобы закупка систем работы с данными начиналась заранее, с тем чтобы обеспечить возможность для полного тестирования всех технических и научных аспектов цепи обработки.

3.5 Развитие обработки данных и тестирование

Все аспекты программного обеспечения для обработки данных спутниковых наблюдений необходимо адаптировать и потенциально обновить для учета данных с нового спутника. Это может включать:

- a) цепь локальной переработки данных прямого вещания (ПВ) в продукцию нулевого (L0) и первого (L1) уровня;
- b) преобразование данных в промежуточные локальные форматы для баз данных наблюдений и архивации;
- c) мониторинг данных и ассимиляция в модели ЧПП;
- d) цепь обработки для локального производства продукции более высокого уровня для конкретных применений;
- e) интеграцию в оперативную пользовательскую среду, включая, например, интегрированные визуализационные применения (со спутниковыми, радиолокационными, приземными, высотными наблюдениями и результатами моделирования) для прогнозистов.

Например, адаптация ассимиляции ЧПП в новые спутниковые системы требует длительного периода заблаговременности и имеет конкретные требования относительно доступности данных с приборов и продукции.

Планирование такой деятельности варьируется в широких пределах в соответствии с потребностями и возможностями организации-пользователя.

3.6 Обучение

Существуют различные предметы и целевые группы обучения, и важно определить необходимые категории, поскольку они имеют различные временные масштабы и требуют различного уровня информации о новых спутниковых системах. Рекомендованные ВМО общие навыки и знания в области использования спутников для оперативных прогнозистов должны служить в качестве руководства для определения графиков подготовки кадров.

Определены следующие предметы обучения:

- a) сходства и различия существующих спутников;
- b) эксплуатация и обслуживание оборудования;
- c) интерпретация данных L1 со спутниковых приборов, включая:
 - i) интерпретацию спутниковых изображений;
 - ii) использование данных пассивных средств зондирования;
 - iii) использование активных приборов;
- d) использование средств программного обеспечения (для обработки, анализа и ассимиляции);
- e) использование и ассимиляция полученной продукции L2;
- f) понимание форматов данных и их распространения;
- g) физические основы дистанционного зондирования, в частности, применительно к новым приборам.

Целевыми группами обучения являются:

- a) инструктора (с использованием подхода, основанного на подготовке инструкторов);
- b) руководители проектов по подготовке пользователей;
- c) оперативные прогнозисты;
- d) сообщества пользователей в области ЧПП и других областях применений;
- e) руководители организаций;
- f) вспомогательный технический персонал;
- g) персонал, задействованный в проведении научных исследований и разработок.

Подход к организации обучения существенно зависит от потребностей и возможностей организации-пользователя и от организационной связи между спутниковыми операторами и пользователями. С развитием технологий электронного обучения акцент очевидным образом сдвигается с долгосрочного обучения в аудитории в сторону обучения по мере потребности, основанного на проведении вебинаров, самостоятельного онлайн-обучения и других видах обучения.

Необходимо подчеркнуть растущую важность непрерывного обучения после запуска. Обучение должно охватывать критически важные реальные погодные ситуации, характерные для всех времен года, и основываться на реальных характеристиках спутниковых систем. Следует сделать акцент на форматах обучения, которые могут быть интегрированы в текущую оперативную деятельность, таких как краткосрочные модули обучения действиям в реальных ситуациях для оперативных прогнозистов во время или между сменами. Этот подход отражен, например, в плане обучения GOES-R НУОА (см. рисунок 1), согласно которому базовый период обучения продлен на срок от одного до двух лет после запуска.

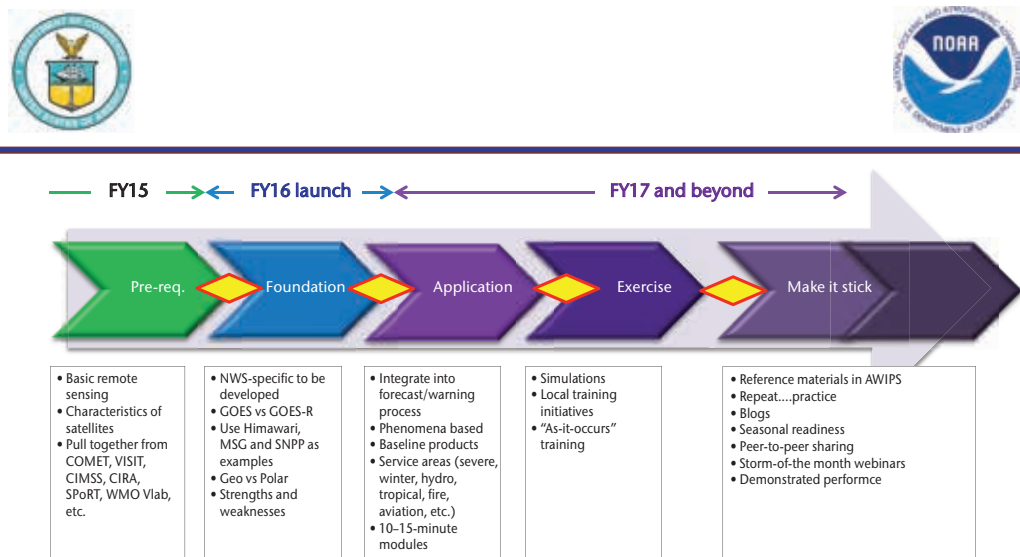


Рисунок 1. План обучения по GOES-R НУОА

Приборное оснащение спутников нового поколения на геостационарной орбите (ГСО) во многом похоже (например, сходное спектральное, временное и пространственное разрешение приборов для получения изображений, картографы молний), в связи с чем существуют значительные потенциальные преимущества для пользователей и спутниковых операторов при разработке общего обучающего материала и стимулировании общего развития применений.

Национальная программа подготовки пользователей к эффективному использованию данных нового поколения Himawari-8 на национальном уровне и в Регионе V ВМО (юго-западная часть Тихого океана), выполняемая учебным центром Виртуальной лаборатории по образованию и подготовке кадров в области спутниковой метеорологии (ВЛаб) Австралийского бюро метеорологии, является хорошим примером поддержки готовности пользователей (<http://www.virtuallab.bom.gov.au/training/hw-8-training>).

В сотрудничестве с ВЛаб и проектом MetEd программы КОМЕТ на портале САТУРН теперь размещены ссылки на онлайн-учебные материалы по Himawari-8 и GOES-R на английском и испанском языках (при наличии). Например, модуль MetEd КОМЕТ «Advanced Himawari Imager (AHI): What's Different from GOES-R ABI» (Усовершенствованный формирователь изображений Himawari (УФИХ): в чем отличие от усовершенствованного базового формирователя изображений (УБФИ) GOES-R) (http://www.meted.ucar.edu/satmet/himawari_ahi/) содержит очень эффективное сравнение этих двух формирователей изображений; также существует модуль (https://www.meted.ucar.edu/goes_r/abi_es/), в котором приводится объяснение УБФИ GOES-R на испанском языке. Планируется дальнейший перевод учебных материалов, что является приоритетом высокого уровня для ВМО и ВЛаб.

В стратегии ВЛаб на 2015—2019 годы делается существенный акцент на наращивании потенциала Членов ВМО для понимания и использования данных спутников нового поколения. Ожидается, что в предстоящие годы ВЛаб будет играть ключевую роль в удовлетворении потребностей метеорологов в обучении в этой области, и потребуется серьезная поддержка со стороны членов КГМС.

3.7 Наращивание потенциала

Наращивание потенциала исключительно важно для обеспечения того, чтобы Члены ВМО могли извлекать максимальную пользу из ценности данных, получаемых со спутников нового поколения. Такая деятельность может осуществляться в форме двухсторонних партнерств между НМГС, региональных механизмов взаимодействия, таких как Группа

экспертов Региональной ассоциации I (РА I) по распространению данных, Форум пользователей EVMETCAT в Африке, Проект Региональной ассоциации II (РА II) по Интегрированной глобальной системе наблюдений ВМО в области использования спутников, а также в форме крупных проектов, предоставляющих техническую и научную инфраструктуру и обучение для менее развитых Членов ВМО (например, Проект по африканскому мониторингу окружающей среды для устойчивого развития и Проект по мониторингу окружающей среды и безопасности в Африке).

К наращиванию потенциала необходимо также привлекать научное сообщество. Важно обеспечить участие ученых и студентов в научной деятельности, связанной с новыми приборами, особенно с учетом того, что это принесет пользу для оперативного использования таких приборов в более долгосрочной перспективе.

3.8 Вклад в калибровку и валидацию

Участие центров ЧПП в деятельности по калибровке и валидации приборов стало стандартной практикой как для спутников на низкой околоземной орбите (НОО), так и для спутников на геостационарной орбите (ГСО). Контроль погрешностей методом начального приближения без учета наблюдений для продукции L1 вносит важный вклад в деятельность спутниковых операторов по калибровке и валидации данных.

4. ЭТАПЫ РАЗВЕРТЫВАНИЯ СПУТНИКОВЫХ СИСТЕМ

При выполнении программы по развертыванию спутниковых систем спутниковые операторы обычно осуществляют перечисленные ниже виды деятельности в сотрудничестве с агентствами по эксплуатации научно-исследовательских спутников и с партнерами в промышленной сфере.

Жизненный цикл космических проектов обычно делится на следующие семь этапов (см. рисунок 2):

- a) этап 0 — анализ миссии и определение потребностей;
- b) этап A — обоснование;
- c) этап B — предварительное описание;
- d) этап C — подробное описание;
- e) этап D — квалификационные испытания и производство;
- f) этап E — использование;
- g) этап F — снятие с эксплуатации.

Этап C (подробное описание) завершается защитой технического проекта (ЗТП) системы, когда описание всей системы (спутникового и наземного сегмента) завершается до самого последнего уровня, после чего начинается полное производство системы (этап D — квалификационные испытания и производство). Если разработка производится по номинальному графику, то ЗТП системы осуществляется за три года до запуска. Этап E (использование) начинается с момента доставки спутника к месту запуска и начала подготовки к запуску и подразделяется на этап E1 (запуск и ввод в эксплуатацию), обычно продолжающийся до 6—12 месяцев после запуска, и этап E2 (рутинная эксплуатация).

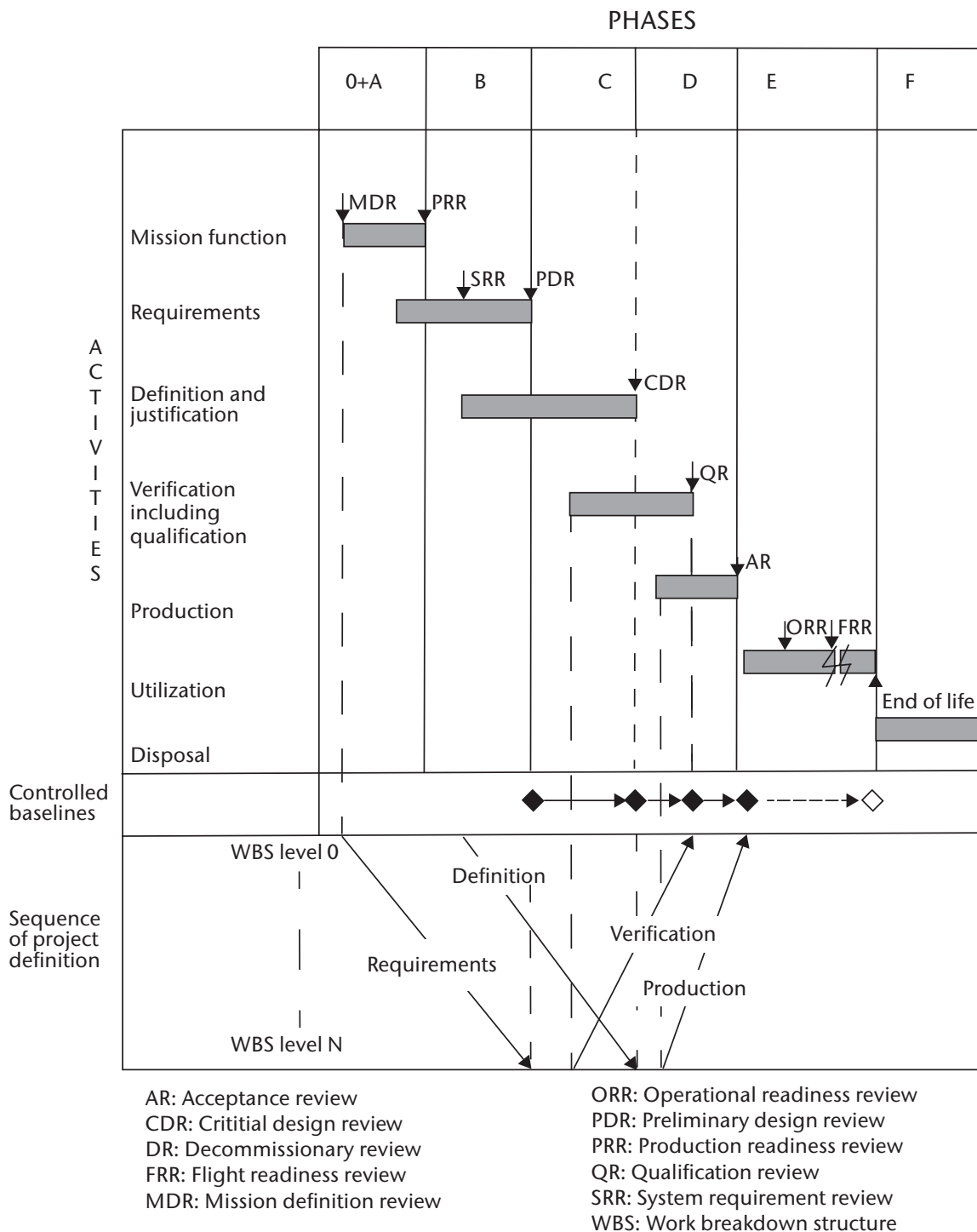


Рисунок 2. Жизненный цикл развертывания типовой спутниковой системы по данным Европейской кооперации по стандартизации в области космической техники

Наиболее важным последствием реализации этого жизненного цикла по отношению к сообществу пользователей является то, что характеристики системы и другая информация, предоставляемые сообществу пользователей до ЗТП системы (т. е. в конце этапа С), будут основаны на потребностях, в то время как поставляемые результаты, основанные на реальных характеристиках системы, будут доступны только на более позднем этапе (т. е. в ходе этапов D и E1).

Этот жизненный цикл отражает фактический опыт, полученный в рамках развертывания метеоспутников второго поколения (МВП) и спутников COMS, а также текущее состояние

и планирование развертывания GOES-R и МТП. Имеются различия в конкретных программах. Например, планирование развертывания Himawari-8 было несколько сжато по времени: ЗТП системы была завершена в январе 2012 года, всего за 30 месяцев до запланированного запуска летом 2014 года (спутник был удачно запущен 7 октября 2014 года).

5. **ПОСТАВЛЯЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОГРАММ ПО РАЗВЕРТЫВАНИЮ СПУТНИКОВ ДЛЯ ПРОЕКТОВ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ГОТОВНОСТИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ**

В этой части настоящей публикации рассматриваются спецификации высокого уровня для различных элементов программ по развертыванию спутников, которые должны поставляться проектам по обеспечению готовности пользователей. Со сроками достижения поставляемых результатов можно ознакомиться в разделе 6, таблица 2.

5.1 **Калибровка и оценка точностных характеристик приборов на предпусковом этапе**

Данные предпусковой калибровки и оценки точностных характеристик приборов дистанционного зондирования со спутников, представляющие общий интерес для сообщества пользователей данных дистанционного зондирования, крайне важны для производства калиброванных данных L1 с привязкой к географическому местоположению, а также для их адаптации в рамках ЧПП и климатических применений. Погрешность, воспроизводимость и устойчивость этих данных определяются оперативными и научно-исследовательскими применениями дистанционного зондирования и соответствующими требованиями. Для приборов, выпущенных и/или протестированных в промышленности, предоставление данных предпусковых испытаний системным инженерам, спутниковым операторам и сообществу пользователей данных дистанционного зондирования часто подпадает под контрактные ограничения.

В новом поколении спутниковых приборов используются все более сложные фокальные плоскости, часто с двухмерной матрицей чувствительных элементов и современными схемами считывания, производящими большие объемы данных. Несмотря на все возрастающую сложность приборов, предпусковые испытания спутниковых приборов должны по-прежнему стремиться воспроизвести как можно более точно работу прибора в спрогнозированных условиях на орбите. Это также известно как «тестирование как в полёте». Данные калибровки и оценки точностных характеристик прибора, полученные в результате таких испытаний, обеспечивают точное представление о приборе на момент запуска и его соответствие эксплуатационным требованиям на орбите. В целях содействия качественному и эффективному использованию международным сообществом пользователей данных дистанционного зондирования эти данные должны включать следующее:

- a) правила наименования и нумерации каналов и их научное(ые) применение(я);
- b) функцию спектрального отклика (ФСО) (также называемую относительной или абсолютной радиометрической спектральной чувствительностью (РСЧ)):
 - i) центральную частоту/длину волны и ширину полос частот;
 - ii) чувствительность в зависимости от длины волны как функцию канала (т. е. среднее) и датчика;
- c) размер пикселей в поле зрения (ПЗ) вдоль траектории сканирования и траектории полета или полная функция рассеяния точки (ФРТ)/модуляционная передаточная функция (МПФ);

- d) мгновенное поле обзора/зрения (МПО/МПЗ)/ширину полосы охвата, цикл повторения/конфигурацию орбиты;
- e) размер выборки пикселей/временные интервалы;
- f) системный шумовой уровень прибора (т. е. уровень шума, выраженный как разность излучения и яркостной температуры (NEdL и NEdT соответственно)) как функция прибора и температуры фокальной плоскости и напряжения бортовой сети;
- g) радиометрическую калибровку и оценку точностных характеристик:
 - i) мультипликативной и аддитивной погрешности как функции прибора и температуры фокальной плоскости;
 - ii) поляризационной чувствительности;
 - iii) радиометрического разрешения, динамического диапазона, линейности, квантования;
 - iv) угла отклика по отношению к углу сканирования для сканирующих радиометров;
- h) наведение, геометрическую точность и межполосную калибровку/регистрацию прибора (т. е. геометрическую эффективность работы);
- i) указание ожидаемой продолжительности миссии и срока службы приборов;
- j) ключевые параметры бортовых калибраторов (т. е. излучательная способность черного тела и равномерность температур, спектральная двунаправленная функция отражения/пропускания (ДФО или ДФП) солнечного диффузора и однородность);
- k) целевую и фактическую неопределенность измерений вышеуказанных данных;
- l) во всем вышеперечисленном должно содержаться указание уровня точности определения тестируемых параметров. Это достигается путем определения того, были ли данные получены с использованием анализа/моделирования, демонстрации или инспекции или же посредством испытания на уровне отдельных частей, узлов агрегатов, подсистем, систем или обсерватории (т. е. космического аппарата с приборным оснащением).

Данные предпускового тестирования должны предоставляться для первичных, дублирующих и всех потенциальных оперативных конфигураций перекрестной коммутации приборов на орбите.

Необходимо создать механизмы предоставления пользователям информации о любых событиях, влияющих на результаты работы прибора в полете. С этой целью в рамках проекта Глобальной космической системой взаимных калибровок (ГСИКС) координируется ведение журналов регистрации событий в ходе работы приборов.

5.2 Спецификации продукции

Спецификации продукции включают в себя научные спецификации алгоритмов продукции, подробную спецификацию форматов для распространения, а также, по требованию, запросы и информацию о своевременности и ожидаемых объемах данных, причем все это относится к продукции как L1, так и L2.

Существует потребность в более стандартизированном подходе к описанию продукции как L1, так и L2 потенциально посредством разработки стандартных шаблонов описания продукции.

Следует отметить, что в онлайн-документе «Product Access Guide» (Руководство по доступу к продукции) (http://www.wmo.int/pages/prog/sat/documents/SAT-GEN_PAG-concept-v1.0-final.pdf#10) ВМО учредила стандартную классификацию продукции L2.

5.3 Спецификации механизма доступа к данным

Эти спецификации, в частности, включают в себя механизмы распространения данных на основании прямого вещания (ПВ) и цифрового видеовещания (DVB).

Системные требования для систем приема сигналов ПВ, включая обе антенны, компоненты первичной обработки данных и компьютерные системы для приема и обработки продукции L1, должны быть доступны пользователям своевременно для начала деятельности по закупкам, обычно за три года до запуска. Требования к системам обработки увеличиваются с увеличением сложности обработки данных ПВ для нового поколения спутников, что оказывает значительное влияние на системы пользователей.

Также требуются спецификации других механизмов распространения данных в масштабе времени, близком к реальному, с использованием наземной коммуникации и механизмов доступа к автономным данным, включая извлечение из архива и другие механизмы извлечения данных по запросу.

Там, где для получения доступа к данным и продукции требуется регистрация пользователя, до момента запуска необходимо подробное описание процесса регистрации, чтобы пользователи могли выполнить регистрацию уже на этапе ввода в эксплуатацию.

5.4 Средства программного обеспечения и тестовые данные

Программное обеспечение для предварительной обработки данных L1 необходимо для разработки функций обработки данных со стороны пользователей, однако во многих случаях оно предоставляется оператором только после приемки наземного сегмента. Любые контракты на закупку систем обработки данных должны учитывать эту потребность, с тем чтобы обеспечить возможность заблаговременных поставок.

Средства программного обеспечения могут также разрабатываться экспертами из сообщества пользователей, но для нового поколения спутников эти средства программного обеспечения всегда будут зависеть от ядер обработки данных L1, которые разрабатываются в рамках развертывания спутниковых систем.

Существуют различные категории тестовых данных с различными жизненными циклами. Всеобщая категоризация не используется, однако для целей настоящей публикации и портала САТУРН используется следующая терминология:

- a) синтезированные данные: не имеют научной ценности, однако имеют реалистичные размеры и форматы; используются для тестирования потока данных пользователями;
- b) модельные данные: данные, полученные прямым расчетом по модели радиационного переноса; модельные данные используются для тестирования механизмов обработки и визуализации. Эти данные получают на основе выходной продукции моделей ЧПП, и они обычно не имеют реалистичной пространственной структуры и временной изменчивости;
- c) косвенные данные: комплекты фактических данных с соответствующих предшествующих приборов, например, данные с интервалом в 2,5 минуты со спутника Meteosat-10 для гибкого комбинированного формирователя изображений (ГКФИ) МТП, данные сверхбыстрого сканирования, получаемые с интервалом в 1 минуту со спутника GOES для усовершенствованного базового формирователя изображений (УБФИ) GOES-R, или данные атмосферного

зондирующего интерферометра/атмосферного инфракрасного зонда (АЗИ/АИКЗ) для геостационарного инферометрического инфракрасного зонда (ГСИИКЗ) FY-4 и инфракрасного зонда (ИКЗ) МТП. Косвенные данные используются при предварительном инструктаже по возможностям и областям применения. Также можно использовать косвенные данные для формирования тестовых данных, подобных модельным, добавляя данные моделей радиационного переноса для каналов к данным предшествующих миссий или применяя временную или пространственную интерполяцию;

- d) предоперативные данные: реальные спутниковые данные, получаемые в ходе мероприятий по вводу спутника в эксплуатацию, но до завершения полной валидации.

Операторы должны предоставлять все категории этих тестовых данных, использовать последовательную терминологию для их описания, а также предоставлять средства программного обеспечения для их использования как в ходе предпусковых мероприятий по разработке, так и в ходе мероприятий по вводу в эксплуатацию после запуска.

5.5 Оперативные планы и графики

Для обеспечения готовности пользователей важно до начала эксплуатации обеспечить наличие как долгосрочных планов, так и графиков рутинных операций. Это включает в себя следующие элементы:

- a) план полета для всей спутниковой программы, включая планирование запусков, орбитальные позиции и даты окончания срока службы спутника, а также информацию о пересечении с траекториями полетов действующих оперативных спутников;
- b) график рутинных операций, включая районы покрытия для гибких оперативных сценариев сканирования и информацию о процессе смены сценария, например, активирования сверх ускоренных операций сканирования для слежения за мощными штормами и тропическими циклонами;
- c) если это целесообразно, условия для участия пользователей в составлении графика работ (например, запросы в отношении целевых оперативных мероприятий в специальном режиме);
- d) планирование деятельности по регулярному техническому обслуживанию космических аппаратов, такой как орбитальные маневры, сезонная переориентация космических аппаратов (рыскание-переворот), деконтаминация оборудования и т. д.;
- e) графики активации прямого вещания (ПВ) с НОО по необходимости;
- f) графики регулярного распространения данных как в режиме ПВ, так и в режиме ретрансляции через спутники телесвязи.

Подробная информация о крайних сроках содержится в плане-графике, представленном в таблице 2.

5.6 Уведомление пользователей и обратная связь с ними

Важно, чтобы операторы спутников устанавливали каналы двусторонней связи с сообществом пользователей, с тем чтобы предоставлять общую и конкретную информацию, а также обеспечивать возможность для пользователей осуществлять информационные запросы и другие виды обратной связи в течение подготовительного

этапа. Подобные каналы необходимы также для предоставления рутинной поддержки пользователям, начиная с этапа ввода в эксплуатацию и в течение всего этапа рутинных операций.

Подобная коммуникация должна включать региональные координационные механизмы пользователей спутников (такие как Координационная группа по требованиям в отношении спутниковых данных для Региона III и Региона IV, а также Группа экспертов по распространению данных Региональной ассоциации I), региональные конференции пользователей (такие как Конференция пользователей продукции метеорологических спутников в Азии/Океании) и учебные мероприятия (такие как неделя мероприятий, связанных с GOES-R), а также предоставление поддержки в связи с запросами отдельных пользователей и обратной связью с ними.

5.7 Учебные ресурсы

Исключительно важное значение для новых спутниковых систем имеет предоставление спутниковыми операторами учебных материалов. Онлайн-учебные ресурсы приобретают все большее значение и обеспечивают возможность быстрой адаптации в случаях поступления новой информации о спутнике и его применениях. Важно также извлекать пользу из вклада со стороны сообщества пользователей и способствовать распространению учебных ресурсов, предоставляемых группами пользователей. ВЛаб ВМО-КГМС играет ключевую роль в разработке и предоставлении онлайн-учебного материала пользователям во всем мире на нескольких языках. В ноябре 2015 года проходила неделя мероприятий по подготовке к спутникам нового поколения, в проведение которой внесли вклад ЕВМЕТСАТ, КМА, КМУ, НУОА и ЯМА (презентации и записи доступны по ссылке: <http://www.wmo-sat.info/vlab/next-generation-of-satellites/>). ВЛаб планирует проведение дополнительных мероприятий такого рода.

5.8 Другие поставляемые результаты

Для многих применений важно иметь набор основных постоянных величин, используемых для получения спутниковых данных и продукции, и спутниковые операторы должны обеспечить их доступность для пользователей. Планируется предложить единый стандарт для использования операторами КГМС, например, перечень, опубликованный Национальным институтом стандартов и технологий Соединенных Штатов Америки.

6. ПЛАН-ГРАФИК ТИПОВОГО ПРОЕКТА ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ГОТОВНОСТИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ

В таблице 2 представлен общий план-график деятельности по обеспечению готовности пользователей и план различных поставляемых результатов развертывания спутниковых систем, необходимых для поддержания этой деятельности. Каждому поставляемому результату соответствует подкатегория на портале САТУРН, с тем чтобы на нем содержались актуальные ссылки на все поставляемые результаты по мере их поступления в результате развертывания спутниковых систем.

Таблица 2. План-график для типового проекта по обеспечению готовности пользователей

<i>Время относительно даты запуска (ДЗ) в годах (г/л) или месяцах (м)</i>	<i>Развертывание спутниковой системы: деятельность и основные этапы</i>	<i>Проект по обеспечению готовности пользователей: деятельность и основные этапы</i>	<i>Необходимые поставляемые результаты от спутниковых операторов</i>
ДЗ-5л -> ДЗ-4г	Этап С развития наземного сегмента	<ul style="list-style-type: none"> — Инициация проекта по обеспечению готовности пользователя (например, НМГС) — Инициация совместных проектов, направленных на удовлетворение потребностей менее развитых Членов ВМО 	<ul style="list-style-type: none"> — Общие спецификации пользовательского сегмента, включая общее определение пути перехода от существующего пользовательского сегмента — Предварительный график получения поставляемых результатов для пользователей
ДЗ-4г -> ДЗ-3г	Защита технического проекта системы	<ul style="list-style-type: none"> — Определение факторов инвестирования и текущих расходов — Планирование и выделение людских ресурсов и бюджетных средств для инвестирования и покрытия текущих расходов — Определение приоритетных потребностей в данных, поскольку четкие приоритеты в отношении текущей и будущей продукции позволяют наилучшим образом подготовиться к обеспечению доступа к данным и возможностей для их предоставления — Первичное обучение возможностям системы для инструкторов и лиц, принимающих решения 	<ul style="list-style-type: none"> — Общее описание приборов — Общее описание механизмов распространения данных в масштабе времени, близком к реальному — Подробные спецификации продукции L2 и L1, которая должна быть доступна на момент начала функционирования (продукция «первого дня») — Косвенные данные для тестирования — Планы развития продукции после начала функционирования (продукция «второго дня»)

<i>Время относительно даты запуска (ДЗ) в годах (г/л) или месяцах (м)</i>	<i>Развертывание спутниковой системы: деятельность и основные этапы</i>	<i>Проект по обеспечению готовности пользователей: деятельность и основные этапы</i>	<i>Необходимые поставляемые результаты от спутниковых операторов</i>
ДЗ–3г → ДЗ–2г	<ul style="list-style-type: none"> — Производство системы — Оценка точностных характеристик приборов на земле 	<ul style="list-style-type: none"> — Разработка новой системы приема — Разработка изменений в сетях телесвязи, включая возможности Глобальной сети телесвязи/ Региональной сети передачи метеорологических данных (ГСТ/РСПМД) — Создание новых функций обработки данных и работы с данными — Обучение конкретным областям применения на основе косвенных данных 	<ul style="list-style-type: none"> — Спецификации приборов и их работы, включая запланированные функции спектрального отклика (ФСО), шум, размеры поля зрения (ПЗ) — Модельные тестовые данные — Подробное описание механизмов распространения данных в масштабе времени, близком к реальному — Подробные спецификации прямого вещания (ПВ), включая частоту и характеристики сигнала, а также спецификации оборудования для антенн, компонентов первичной обработки данных и компьютерных систем для приема и обработки данных ПВ — Общее описание доступа к данным в автономном режиме — Оценки объема данных/продукции — Определение формата данных/продукции — Основные постоянные величины, используемые при обработке — Условия доступа к данным (например, лицензирование, ключи и т. д.) — Программное обеспечение для предварительной обработки данных L1 для ПВ (предварительная версия) — Создание и использование двунаправленных каналов связи для запросов пользователей

<i>Время относительно даты запуска (ДЗ) в годах (г/л) или месяцах (м)</i>	<i>Развертывание спутниковой системы: деятельность и основные этапы</i>	<i>Проект по обеспечению готовности пользователей: деятельность и основные этапы</i>	<i>Необходимые поставляемые результаты от спутниковых операторов</i>
ДЗ-2г -> ДЗ-1г	Приемка наземного сегмента системы	<ul style="list-style-type: none"> — Закупка, установка и приемочные испытания систем — Разработка программного обеспечения для обработки данных, в том числе с усвоением ЧПП 	<ul style="list-style-type: none"> — Полная информация о предпусковых характеристиках приборов (включая ФСО, шум) — Информация о моделях радиационного переноса (например, RTTOV*), поддерживающих работу приборов — Синтезированные данные тестирования (включая подробности формата данных L1B, идентификационный номер спутника, навигационную информацию) — Длительные периоды тестовой передачи синтезированных тестовых данных — Долгосрочный оперативный план — Планирование обмена данными для обслуживания глобального сообщества
ДЗ-1г -> ДЗ-6м	Готовность спутника к полету	Обучение конечных пользователей (прогнозистов)	Начало регулярного обновления планов запуска и ввода в эксплуатацию
ДЗ-6м -> ДЗ	Оперативная валидация системы и подготовка к запуску	<ul style="list-style-type: none"> — Тестирование программного обеспечения для обработки данных (с использованием косвенных данных) — Техническое обучение работе с системами приема и другими элементами системы — Тестирование системы приема данных (с использованием синтезированных данных) 	<ul style="list-style-type: none"> — Модельные тестовые данные на основе предпусковой оценки точностных характеристик приборов — Формат данных L2 — Пакет программного обеспечения для ПВ (при наличии ПВ) — Пользовательская документация для механизмов распространения и предоставленных инструментов программного обеспечения — График рутинных операций
ДЗ -> ДЗ+6м	<ul style="list-style-type: none"> — Проверка работы спутника на орбите — Выпуск продукции L1 	<ul style="list-style-type: none"> — Полное тестирование системы и программного обеспечения (с использованием предоперативных данных) — Поддержка деятельности операторов по калибровке/валидации, в частности путем ассимиляции ЧПП 	<ul style="list-style-type: none"> — Раннее распространение не прошедших валидацию данных L1 — Ранний переход на ПВ — Предоперативное распространение данных L1 — Оценка точностных характеристик работы приборов в полете — Программное обеспечение для предварительной обработки данных L1 для ПВ (оперативная версия) — Начало регулярного предоставления поддержки пользователям

<i>Время относительно даты запуска (ДЗ) в годах (г/л) или месяцах (м)</i>	<i>Развертывание спутниковой системы: деятельность и основные этапы</i>	<i>Проект по обеспечению готовности пользователей: деятельность и основные этапы</i>	<i>Необходимые поставляемые результаты от спутниковых операторов</i>
ДЗ+6м → ДЗ+2г	Выпуск продукции L2	<ul style="list-style-type: none"> — Использование научных данных (многократно на основе увеличения использования реальных данных) — Обучение после запуска на основе реальных данных — Объявление об оперативной готовности пользователей 	— Оперативное распространение данных L1 как со старых, так и с новых спутников (как можно дольше, но как минимум до ДЗ+1г)

* RTTOV: радиационный перенос для TOVS; TOVS: оперативный вертикальный зонд TIROS; TIROS: телевизионный инфракрасный наблюдательный спутник.

За дополнительной информацией просьба обращаться:

World Meteorological Organization

7 bis, avenue de la Paix – P.O. Box 2300 – CH 1211 Geneva 2 – Switzerland

Communication and Public Affairs Office

Тел.: +41 (0) 22 730 83 14/15 – Факс: +41 (0) 22 730 80 27

Э-почта: cpa@wmo.int

public.wmo.int