

Перспективное видение в отношении Интегрированной глобальной системы наблюдений ВМО в 2040 году

Издание 2019 г.

ПОГОДА КЛИМАТ ВОДА



ВСЕМИРНАЯ
МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКАЯ
ОРГАНИЗАЦИЯ

ВМО-№ 1243

Перспективное видение в отношении Интегрированной глобальной системы наблюдений ВМО в 2040 году

Издание 2019 г.



ВСЕМИРНАЯ
МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКАЯ
ОРГАНИЗАЦИЯ

РЕДАКТОРСКОЕ ПРИМЕЧАНИЕ

Терминологическая база данных ВМО «МЕТЕОТЕРМ» доступна по адресу: <https://public.wmo.int/ru/meteoterm>.

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-№ 1243

© Всемирная метеорологическая организация, 2019

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:

Chair, 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 978-92-63-41243-0

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.

ТАБЛИЦА РЕГИСТРАЦИИ ВНЕСЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ

[illegible]

СОДЕРЖАНИЕ

	<i>Стр.</i>
1. ВВЕДЕНИЕ.....	1
1.1 Цель и сфера охвата	1
1.2 Основные факторы, определяющие метеорологическое, гидрологическое и климатическое обслуживание	2
1.3 Тенденции в области возможностей и потребностей в отношении предоставления обслуживания	3
1.4 Принципы и определяющие факторы при проектировании ИГСНВ.....	4
1.5 Роль интеграции в ИГСНВ.....	7
1.5.1 Проектирование интегрированной сети	7
1.5.2 Интегрированные многоцелевые наблюдательные сети	7
1.5.3 Поставщики интегрированных систем наблюдений	7
1.5.4 ИГСНВ как система многоуровневых сетей наблюдений.....	7
1.5.5 Интегрированные космические и наземные системы наблюдений	8
1.6 Заключение	9
2. КОСМИЧЕСКИЙ КОМПОНЕНТ СИСТЕМЫ НАБЛЮДЕНИЙ	10
2.1 Введение.....	10
2.2 Тенденции и проблемы.....	10
2.2.1 Потребности пользователей	10
2.2.2 Возможности систем	11
2.2.3 Эволюция спутниковых программ	14
2.3 Описание космического компонента системы наблюдений	14
3. НАЗЕМНЫЙ КОМПОНЕНТ СИСТЕМЫ НАБЛЮДЕНИЙ	22
3.1 Введение.....	22
3.2 Тенденции и проблемы.....	22
3.3 Эволюция наземного компонента систем наблюдений	23
ПРИЛОЖЕНИЕ. ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СЕТЕЙ НАБЛЮДЕНИЙ	46

1. ВВЕДЕНИЕ

1.1 Цель и сфера охвата

В настоящем документе представлены цели высокого уровня для руководства эволюцией Интегрированной глобальной системы наблюдений (ИГСНВ) Всемирной метеорологической организации (ВМО) на ближайшие десятилетия. Это перспективное видение (именуемое далее как «Перспективное видение в отношении ИГСНВ в 2040 году» либо просто как «Перспективное видение») заменяет «Перспективное видение для Глобальной системы наблюдений в 2025 году», которое было принято Исполнительным советом на его шестьдесят первой сессии в июне 2009 года. Во многих отношениях Перспективное видение в 2025 году явилось предвестником ИГСНВ, в то время как настоящий документ предполагает полностью разработанную и практически осуществленную рамочную основу ИГСНВ, которая поддерживает все виды деятельности ВМО и ее Членов в области основной проблематики, связанной с погодой, климатом и водными ресурсами.

Цель настоящего документа состоит в том, чтобы представить вероятный сценарий того, как потребности пользователей в данных наблюдений могут измениться в сфере деятельности ВМО в течение последующих нескольких десятилетий, а также амбициозное, но технически и экономически осуществимое перспективное видение в отношении интегрированной системы наблюдений, которая будет их удовлетворять. На основании этой информации национальные метеорологические и гидрологические службы (НМГС), космические агентства и другие разработчики систем наблюдений смогут соответствующим образом адаптировать свои усилия по планированию, а Члены ВМО, предоставляющие финансирование, смогут принимать решения, необходимые для внедрения этой интегрированной системы. Настоящий документ также информирует пользователей метеорологических, климатических, гидрологических и других соответствующих наблюдений о том, чего им следует ожидать в течение этого периода времени, и содержит руководящие указания, касающиеся планирования информационных технологий и коммуникационных систем, научных исследований и опытно-конструкторских разработок, кадрового состава, а также образования и подготовки кадров. Например, в нем содержится информация об ожидаемой эволюции систем в центрах цифрового моделирования и прогнозирования, а также ряд руководящих принципов, призванных содействовать активному вовлечению государственного, частного и академического секторов в целях более эффективного обслуживания правительств, деловых кругов и граждан.

Настоящее Перспективное видение охватывает долгосрочную перспективу вплоть до 2040 года. В значительной степени этот временной горизонт определяется длительными циклами разработки и осуществления конкретных компонентов, таких как программы замены действующих спутников и радиолокационных станций. Однако ИГСНВ является интегрированной системой, а компоненты космического и наземного базирования дополняют друг друга. Таким образом, полная ценность Перспективного видения будет реализована только за счет охвата обоих компонентов, насколько это возможно.

В настоящем документе компоненты системы наблюдений космического и наземного базирования рассматриваются отдельно в силу принципиально различных путей их развития. Оперативные спутниковые программы (космического базирования) характеризуются высокой степенью централизованного планирования, длительными циклами разработки и хорошо структурированными официальными механизмами взаимодействия с сообществом пользователей ВМО. С другой стороны, некоторые программы наземных наблюдений, особенно в последние десятилетия, были обусловлены рядом непредвиденных технологических новшеств. Поскольку вклады в эти программы вносятся широким сообществом заинтересованных сторон с соответствующими весьма разнообразными побудительными мотивами, они в меньшей степени зависят от централизованного планирования или координации усилий, чем оперативные спутниковые программы.

Настоящий документ состоит из трех глав. В главе 1 излагается перспективное видение и описываются его цель и сфера охвата. В ней рассматриваются основные факторы, определяющие метеорологическое, гидрологическое и климатическое обслуживание, тенденции в области возможностей и потребности в отношении предоставления обслуживания. В ней также излагаются принципы и движущие факторы проектирования ИГСНВ. В главе 2 описывается космический компонент системы наблюдений. В главе 3 рассматривается наземный компонент системы наблюдений.

1.2 Основные факторы, определяющие метеорологическое, гидрологическое и климатическое обслуживание

В соответствии с философией ИГСНВ в отношении систем наблюдений, ориентированных на пользователя, отправной точкой в разработке Перспективного видения является ожидаемая эволюция требований пользователей. В данном разделе представлен анализ текущих и прогнозируемых тенденций в потребностях общества в обслуживании, связанном с погодой, климатом и водой.

В целом, ВМО разбивает производственный цикл создания метеорологической специализированной продукции с добавленной стоимостью на четыре звена: i) наблюдения; ii) обмен информацией и распространение данных; iii) обработка данных и iv) предоставление обслуживания. Наблюдения, а также используемые для их проведения системы наблюдений, обычно определяются требованиями конечных пользователей к предоставлению обслуживания. Определение соответствующих требований к системам наблюдений, в свою очередь, зависит от ряда предположений о двух промежуточных звеньях в производственном цикле. Эти предположения приводятся явным образом везде, где это возможно.

Многие из основных факторов, определяющих предоставление метеорологического и связанного с ним обслуживания в области окружающей среды, связаны с деятельностью человека. Мировое население продолжает расти и по прогнозам Департамента Организации Объединенных Наций по экономическим и социальным вопросам достигнет девяти миллиардов человек к 2045 году¹. Это создаст дополнительную нагрузку на ресурсы нашей планеты, а такие долгосрочные проблемы, как продовольственная безопасность, энергоснабжение и доступ к чистой воде, вероятно, станут еще более мощными факторами, определяющими метеорологическое и климатическое обслуживание, чем в наши дни. Рост населения также, вероятно, будет способствовать общей уязвимости для краткосрочных погодных явлений, поскольку все большая доля населения может пожелать или быть вынуждена жить в районах, подверженных таким явлениям, как затопления прибрежных районов или речные наводнения, оползни и т. д.

Рост населения сопровождается тенденцией к усилению урбанизации. В 1900 году около 10 % населения мира проживало в городах. Сегодня более 50 % населения проживает в городах, а к 2050 году ожидается, что этот показатель достигнет 66 %² или даже 75 %³. Такая массовая миграция потребует, чтобы районы городской агломерации поглотили еще дополнительно около 3 млрд человек в течение последующих 30 лет⁴. Крупные агломерации, особенно так называемые мегаполисы с населением более 10 млн человек, по своей сути уязвимы, как и их инфраструктура. Снабжение продовольствием, водой и энергоресурсами должно быть безопасным, а заблаговременное планирование мер реагирования на широкий спектр потенциальных сценариев стихийных или частично антропогенных бедствий будет являться весьма мощным стимулом для предоставления метеорологического и связанного с ним обслуживания в области окружающей среды и востребованных видов продукции на основе данных соответствующего временного и пространственного разрешения.

¹ <https://www.un.org/development/desa/en/key-issues/population.html>

² <http://www.unfpa.org/world-population-trends>

³ <https://www.sipri.org/events/2016/stockholm-security-conference-secure-cities/urbanization-trends> (цитирование из The Urban Age Project, London School of Economics)

⁴ <https://www.unfpa.org/urbanization>

Другим важным фактором, связанным с деятельностью человека, является изменение климата. Подавляющее большинство научных данных свидетельствует о том, что глобальное потепление (а вместе с ним и такие последствия, как повышение уровня моря, увеличение повторяемости различных экстремальных погодных и климатических явлений, географические сдвиги в основных зонах сельскохозяйственного выращивания и т. д.) будет продолжаться. Руководящие указания и связанные с мерами политики решения по вопросам устойчивости для изменения климата, адаптации к этому процессу и/или смягчения его воздействий будут определять потребности в улучшении понимания климатических процессов и возможностей долгосрочного прогнозирования. Повышение повторяемости экстремальных погодных явлений приведет к обострению уязвимости человека для погодных условий и предъявит дополнительные требования к традиционным видам обслуживания прогнозами погоды и предупреждениями. Растущее признание важности прогнозов с расширенным сроком действия приведет к увеличению спроса на сопутствующие виды продукции и обслуживания, особенно в условиях изменения климата, поскольку перспективные оценки «нормальных» сезонных метеорологических условий должны будут уступить место количественным сезонным предсказаниям и ориентировочным прогнозам.

Некоторые из наиболее серьезных проблем и угроз для населения мира связаны с водой. Согласно докладу «United Nations World Water Development Report 2019» (Доклад Организации Объединенных Наций о состоянии водных ресурсов мира за 2019 год) ежегодно около 106 млн человек страдают от наводнений, при этом связанный с ними экономический ущерб составляет около 31,4 млрд долл. США⁵. В частности, в настоящее время от речных паводков ежегодно страдает в среднем 39 млн человек, и, по самым экстремальным оценкам, к 2050 году эта цифра может возрасти до 134 млн человек в год⁶. При этом в настоящее время от засух ежегодно страдает около 55 млн человек, а экономический ущерб от них составляет около 5,4 млрд долл. США⁷. Эти проблемы будут усугубляться в связи с будущим изменением климата и ростом населения. В новых [Целях Организации Объединенных Наций в области устойчивого развития](#) большое значение придается водным ресурсам, причем не только в плане явно обозначенной цели обеспечения наличия и рационального использования водных ресурсов и санитарии для всех (цель 6 Целей в области устойчивого развития), но и в силу основополагающего характера связанных с водными ресурсами проблем во многих областях развития.

Управление устойчивостью к изменению климата, смягчением его последствий и адаптацией к нему, а также мониторинг этих процессов в рамках последующей деятельности по выполнению Парижского соглашения 2015 года потребуют проведения наблюдений за концентрациями парниковых газов, а также дополнительных измерений, связанных с глобальным углеродным циклом. По [недавним оценкам Всемирной организации здравоохранения](#) семь миллионов преждевременных смертей ежегодно связаны с воздействием загрязнения воздуха. Аспекты ИГСНВ, связанные с химическим составом атмосферы, включая как наземные, так и космические наблюдения, должны быть укреплены и усилены.

1.3 **Тенденции в области возможностей и потребностей в отношении предоставления обслуживания**

Еще в начале 1990-х годов прогнозирование погоды все еще в значительной степени зависело от прогнозистов и их способности производить, интерпретировать и экстраполировать результаты анализов, подготовленных вручную. Диапазон полезных прогнозов был ограничен, и, хотя несколько глобальных центров численного прогнозирования погоды (ЧПП) уже выпускали обычные 10-суточные прогнозы,

⁵ The United Nations World Water Development Report 2019: *Leaving No One Behind*. Paris, United Nations Educational, Scientific and cultural Organization, <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000367306>

⁶ Ward, P.J. and H. Winsemius, 2018: *River Flood Risk*. Institute for Environmental Studies, Vrije Universiteit Amsterdam, https://www.pbl.nl/sites/default/files/downloads/pbl-2018-the-geography-of-future-water-challenges-river-flood-risk_3147.pdf

⁷ The United Nations World Water Development Report 2019: *Leaving No One Behind*. Paris, United Nations Educational, Scientific and cultural Organization, <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000367306>

относительно небольшое число пользователей принимало решения, оказывающие существенное экономическое воздействие, на основе прогнозов погоды на период, превышающий два-три дня максимум. С тех пор наши возможности значительно улучшились благодаря научному прогрессу в таких областях, как ансамблевое (или вероятностное) прогнозирование, модельная физика и ассимиляция данных, достижения в вычислительных возможностях и дополнительные источники наблюдений, особенно со спутников. Основные сдвиги в режимах погоды обычно прогнозируются за 7—10 суток, выход на сушу тропических циклонов прогнозируется за несколько дней, и даже предупреждения о локализованных явлениях суровой погоды со значительными воздействиями во многих случаях предоставляются с достаточной заблаговременностью для предотвращения или ограничения числа человеческих жертв.

В результате резко возрос спрос на метеорологическую и соответствующую информацию об окружающей среде со стороны сообщества пользователей (как государственного, так и частного сектора и граждан). В действительности, латентный спрос на такую информацию уже существовал, но он не был ярко выражен до тех пор, пока не начали появляться технические возможности для его удовлетворения. В настоящее время широкий круг пользователей из всех секторов экономики и всех уровней государственного управления на регулярной основе принимает решения, имеющие весьма значительные последствия и полностью основанные на прогнозах погоды и климатической и гидрологической информации, полученной на основании ориентировочных прогнозов. Пользователи не только более требовательны к содержанию и качеству информации об окружающей среде, они также предъявляют все больше требований к тому, как, когда, где и в какой форме они ее получают.

Все указывает на то, что тенденция к увеличению спроса на метеорологическую информацию сохранится и в будущем. По мере дальнейшего совершенствования возможностей прогнозирования состояния системы Земля будут появляться новые области применений и открываться новые рынки для различных видов обслуживания и продукции, а это означает, что наблюдательные системы под эгидой ИГСНВ должны будут развиваться для удовлетворения потребностей все более требовательных и все более осведомленных сообществ пользователей.

Общим для всех компонентов системы наблюдений является стремление к созданию новых бизнес-моделей, особенно в том, что касается роли частного сектора. По мере роста спроса на метеорологическую и связанную с ней информацию об окружающей среде и повышения ее экономической ценности частный сектор проявляет все больший интерес к участию во всех элементах цепочки создания ценности в метеорологической области. В настоящем документе не излагаются конкретные программные установки по этому вопросу и не рассматривается вопрос о том, каким образом рамки между соответствующими обязанностями субъектов частного и государственного секторов могут измениться в будущем. Представленное здесь перспективное видение содержит ряд ключевых элементов, которые, как ожидается, будут реализованы на практике, независимо от того, кто в конечном счете будет отвечать за внедрение и эксплуатацию систем.

Хотя детализированные долгосрочные экстраполяции, основанные на любой из этих основных тенденций, будут весьма неопределенными, сами тенденции хорошо известны и в значительной степени неоспоримы. Поэтому разумно основывать видение будущих потребностей в наблюдениях и будущих наблюдательных систем на предположении, что эти тенденции сохранятся.

1.4 Принципы и определяющие факторы при проектировании ИГСНВ

Разработка ИГСНВ направлена на обеспечение того, чтобы подготовка и предоставление метеорологического и других видов обслуживания об окружающей среде для удовлетворения социально-общественных потребностей, о которых говорилось выше, основывались на надежной основе наблюдений надлежащей плотности и качества, производимых эффективным, рентабельным и устойчивым образом.

Ключевой принцип ИГСНВ заключается в разработке и внедрении наблюдательных систем в ответ на конкретные потребности. Основные руководящие указания определяются исходя из [Регулярного обзора потребностей](#) (РОП) ВМО, в рамках которого потребности в наблюдениях для всех областей применения ВМО (см. таблицу 1) собираются, проверяются, регистрируются и анализируются с учетом технических наблюдательных возможностей. Получаемые в результате руководящие указания формулируются как на оперативно-тактическом, так и на стратегическом уровне. Руководящие указания оперативно-тактического уровня для каждой отдельной области применения можно найти в соответствующем Заявлении о руководящих указаниях ВМО, размещенном на веб-странице РОП. В данном документе представлены долгосрочные стратегические руководящие принципы.

Таблица 1. Области применения ВМО

№	Область применения ВМО
1	Глобальное ЧПП
2	ЧПП высокого разрешения
3	Прогнозирование текущей погоды и сверхкраткосрочное прогнозирование (см. примечание 1 ниже)
4	Предсказания в масштабах от субсезонных до более длительных
5	Авиационная метеорология
6	Прогнозирование состава атмосферы (см. примечание 2 ниже)
7	Мониторинг состава атмосферы (см. примечание 2 ниже)
8	Предоставление информации о составе атмосферы в поддержку обслуживания в городских и населенных районах (см. примечание 2 ниже)
9	Океанические применения
10	Сельскохозяйственная метеорология
11	Гидрология
12	Мониторинг климата (Глобальная система наблюдений за климатом (ГСНК)) Следующие отчеты ГСНК рассматриваются как заявления о руководящих принципах: — Status of the Global Observing System for Climate (Состояние Глобальной системы наблюдений за климатом) — GCOS 195 — The Global Observing System for Climate: Implementation Needs (Глобальная система наблюдений за климатом: потребности в осуществлении) — GCOS 200
13	Космическая погода
14	Климатология
н/п	Климатические применения (другие аспекты, рассматриваемые Комиссией по климатологии) (см. примечание 3 ниже)

Примечания:

- 1 Область применения «Синоптическая метеорология» была объединена с областью применения «Прогнозирование текущей погоды и сверхкраткосрочное прогнозирование».
- 2 Область применения «Химия атмосферы» была заменена и разбита на три новых области применения, а именно: i) «Прогнозирование состава атмосферы»; ii) «Мониторинг состава атмосферы»; iii) «Предоставление информации о составе атмосферы в поддержку обслуживания в городских и населенных районах». Заявления о руководящих принципах для трех новых областей применения находятся в процессе подготовки. Вместе с тем, старая версия документа «Statement of Guidance for Atmospheric Chemistry» (Заявление о руководящих принципах для химии атмосферы) доступна [здесь](#).
- 3 На третьем совещании Межпрограммной экспертной группы по проектированию и эволюции систем наблюдений Комиссии по основным системам (январь 2018 года) было принято решение о том, что область применения «Климатические применения (другие аспекты, рассматриваемые Комиссией по климатологии)» будет завершена, но что Заявление о руководящих принципах будет обновляться и будет доступно на этой веб-странице. Комиссия по климатологии отвечает за обновление Заявления о руководящих принципах и за обеспечение того, чтобы требования, которые являются важными с точки зрения Комиссии по климатологии/климатических применений, не были упущены из виду. Однако при этом нет намерения представлять количественные потребности пользователей в наблюдениях для включения в Заявление о руководящих принципах, поскольку предполагается, что такие потребности преимущественно рассматриваются в рамках области применения ГСНК «Мониторинг климата», а также в рамках других существующих областей применения.

Наблюдательные системы должны проектироваться с достаточной устойчивостью к различным природным и антропогенным опасным явлениям. Например, почти повсеместное использование электронных средств для зондирования, телесвязи и обработки данных значительно повысило уязвимость этих систем к таким природным явлениям, как солнечные бури. В результате космическая погода, которая отображает воздействие солнечной активности на земную среду, стала официально признанной областью применения ВМО. Данные наблюдений, особенно спутниковые данные, необходимы для мониторинга космической погоды, а явления космической погоды могут также потенциально влиять на компоненты ИГСНВ.

Основополагающим принципом РОП является то, что потребности выражаются в терминах геофизических переменных и, таким образом, не имеют прямого отношения к конкретным системам наблюдений. К примеру, РОП будет включать требования в отношении измерения температуры атмосферного воздуха, но не будет предъявлять требований к системе в отношении различных температур, измеряемых спутниковыми радиометрами или температурными датчиками *in situ*. Конкретные требования к наблюдательным системам могут и должны вытекать из общих требований, перечисленных в РОП. Однако в первую очередь ответственность за их оценку несут организации- и учреждения-исполнители. Хотя руководящий материал, предоставляемый РОП, содержит ссылки на имеющиеся технологии, он преследует цель сохранять беспристрастность в отношении того, какие конкретные технологии будут использоваться для удовлетворения потребностей.

Недостаточно внедрить систему, отвечающую требованиям по охвату и качеству. Чтобы быть полезными, результаты наблюдений ИГСНВ также должны быть доступными для пользователей, а те из них, которые сочтены как существенно важные, должны предоставляться пользователям в требуемые сроки. В результате дальнейшая эволюция Информационной системы ВМО (ИСВ) и лидирующая роль НМГС в ее эксплуатации будут иметь критически важное значение для успеха ИГСНВ, а обе эти системы должны будут развиваться параллельно.

Широко распространенная зависимость от информационных технологий также приводит к уязвимости от злонамеренной человеческой деятельности в форме «кибератак». Ожидается, что ИСВ обеспечит важнейшие руководящие указания по вопросу устойчивости сетей, в частности, в отношении безопасности информационных технологий. Другая важная роль ИСВ будет заключаться в продолжении работы по защите важных составляющих частей электромагнитного спектра в целях сохранения жизненно важных средств связи и возможностей дистанционного зондирования.

Ожидается, что данные наблюдений, предоставляемые ИГСНВ, будут предоставляться для свободного и неограниченного международного обмена между Членами ВМО в соответствии с политикой, установленной в резолюции 25 (Кг-ХIII) «Обмен гидрологическими данными и продукцией», резолюции 40 (Кг-ХII) «Политика и практика ВМО для обмена метеорологическими и связанными с ними данными и продукцией, включая руководящие принципы по отношениям в коммерческой метеорологической деятельности» и резолюции 60 (Кг-17) «Политика ВМО для международного обмена климатическими данными и продукцией в целях поддержки осуществления Глобальной рамочной основы для климатического обслуживания», а также в соответствующих нормативных материалах ИГСНВ. Руководящие указания в отношении ИГСНВ заключаются в том, что обмен данными уже хорошо зарекомендовал себя как эффективный множитель для максимального увеличения общей пользы от данных для общества. Чем шире обмен данными, тем больше сообщество, которое сможет их использовать, и тем больше общая экономическая отдача от инвестиций, вложенных в предоставление данных наблюдений. Благодаря длительной истории успеха Глобальной системы наблюдений Всемирной службы погоды значимость международного обмена данными метеорологических наблюдений получила обширное признание в сообществе ВМО. Кроме того, было

установлено, что международный обмен данными имеет важное значение и для других дисциплин науки о Земле, а ряд тематических исследований также продемонстрировал экономические преимущества открытого обмена данными на национальном уровне⁸.

1.5 Роль интеграции в ИГСНВ

Понятие интеграции занимает центральное место в ИГСНВ. Речь идет об интеграции сетей наблюдений, а не об интеграции самих наблюдений (интеграция наблюдений, например путем ассимиляции данных или создания продукции для конечного пользователя, остается за рамками сферы охвата ИГСНВ). Ниже приводятся пять конкретных аспектов интеграции ИГСНВ.

1.5.1 *Проектирование интегрированной сети*

При проектировании наблюдательных сетей настоятельно необходимо учитывать не только требования, которым они будут отвечать, но и то, какие другие аспекты будут обеспечиваться компонентными системами наблюдений ИГСНВ и как оптимально дополнять наблюдения, проводимые этими системами. Это сформулировано в [принципах проектирования сетей ИГСНВ](#), которые являются частью [Наставления по Интегрированной глобальной системе наблюдений ВМО](#) (ВМО-№ 1160).

1.5.2 *Интегрированные многоцелевые наблюдательные сети*

Многие области применения имеют общие требования к наблюдениям определенных геофизических переменных, например, атмосферной температуры или приземного давления. ИГСНВ нацелена на создание интегрированных многоцелевых сетей наблюдений, обслуживающих, где это возможно, несколько областей применения, а не на создание отдельных сетей для мониторинга климата, прогнозирования текущей погоды и численного прогнозирования погоды, прогнозирования паводков и засух и т. д., которые требуют наблюдений за многими одними и теми же переменными, хотя и с несколько различными требованиями.

1.5.3 *Поставщики интегрированных систем наблюдений*

ИГСНВ стремится, насколько это возможно, интегрировать наблюдения, проводимые НМГС и партнерами, в одну общую систему. В большинстве стран НМГС больше не является единственным источником наблюдений. Вместо этого, как правило, различные организации в настоящее время используют системы наблюдений, имеющие значение для областей применения ВМО. Это могут быть различные государственные учреждения, действующие при министерствах сельского хозяйства, энергетики, транспорта, туризма, окружающей среды, лесного хозяйства, водных ресурсов и т. д. В развивающихся странах, особенно, ими могут являться некоммерческие организации или коммерческие структуры. В интересах НМГС налаживать партнерства с этими внешними операторами, с тем чтобы иметь возможность основывать свои виды обслуживания на максимально полном наборе данных наблюдений, исходя из того, что технические вопросы, связанные с качеством данных, форматами данных, линиями связи и хранилищами данных, могут быть решены и что могут быть заключены соглашения относительно политики в области данных.

1.5.4 *ИГСНВ как система многоуровневых сетей наблюдений*

ИГСНВ состоит из многоуровневых сетей наблюдений, обеспечивающих интеграцию между различными уровнями функциональных возможностей. Конкретная разбивка

⁸ См. *Оценивая погоду и климат: экономическая оценка метеорологического и гидрологического обслуживания* (ВМО-№ 1153), доступно по адресу: https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=3315.

уровней может варьироваться в зависимости от дисциплины или области применения, но в целом сеть можно рассматривать как состоящую из трех уровней: комплексного, базового и опорного⁹.

Для комплексной сети характерно повсеместное распространение данных во времени и пространстве, и она в значительной степени действует по принципу самоорганизации с очень низкой степенью централизованного управления и контроля. Метаданные в ней могут быть неполными, особенно в отношении качества данных. Комплексная сеть метеорологических наблюдений, например, может включать данные наблюдений на основе краудсорсинга и данные, полученные с помощью общедоступных датчиков массового производства, например используемых в смартфонах и автомобилях.

Базовая сеть — это Глобальная система наблюдений в том виде, в котором она известна нам сегодня. Ее охват менее плотен во времени и пространстве, но благодаря некоторой степени активного менеджмента и координации ее средства наблюдений могут быть нацелены на регионы, не охваченные комплексной сетью. Ожидается, что ее метаданные соответствуют стандартам ИГСНВ, а качество данных контролируется.

Опорные сети включают в себя отдельные станции наблюдений с наивысшим уровнем эффективности. Охват наблюдений, как правило, является разреженным в пространстве и времени, а приборы требуют соответствующей калибровки и предоставляют высококачественные данные. Оценки неопределенности включаются как часть наблюдений, а измерения сопоставимы с Международной системой единиц (СИ). Необходимо также обеспечить полное соответствие стандартам ИГСНВ для метаданных. Опорными сетями ИГСНВ, к примеру, являются опорные сети, эксплуатируемые в рамках Глобальной системы наблюдений за климатом.

Пользователи могут решать, использовать им или нет данные наблюдений, а также как использовать эти данные для какой-либо конкретной области применения, основываясь на том уровне, к которому относится наблюдательная платформа. Например, при мониторинге наступления интенсивной суровой погоды своевременность и пространственное и временное разрешение имеют более важное значение, чем низкая неопределенность измерений, в связи с чем желательны наличие комплексной сети. Для детализированного мониторинга долгосрочных трендов температуры или фонового состава атмосферы верно обратное и могут потребоваться наблюдения из опорной сети.

1.5.5 ***Интегрированные космические и наземные системы наблюдений***

ИГСНВ рассматривает компоненты космического и наземного базирования как части одной общей системы, вносящей вклад в удовлетворение потребностей областей применения. Некоторые потребности пользователей в наблюдениях легче удовлетворять из космоса, например в отношении глобального охвата и высокого пространственного разрешения на больших площадях. С другой стороны, некоторые переменные величины либо трудно измерить из космоса, либо необходимая технология, возможно, еще недоступна, например в отношении приземного давления или химического состава пограничного слоя. Здесь важную роль по-прежнему будут играть наземные измерения. Мелкомасштабное вертикальное разрешение также, как правило, лучше достигается с помощью приземных наблюдений, о чем свидетельствует сохраняющееся высокое воздействие наблюдений с самолетов и радиозондов, несмотря на их относительную разреженность.

Например, в планируемой оперативной системе мониторинга углерода космический компонент, как ожидается, обеспечит глобальный охват наблюдениями за концентрациями парниковых газов при ясном небе с высоким пространственным разрешением в свободных от облаков районах, в то время как наземный компонент будет предоставлять

⁹ См. *Руководство по Интегрированной глобальной системе наблюдений ВМО* (ВМО-№ 1165), 5.2 «Руководящие указания в отношении принцип проектирования сетей наблюдений», доступно по адресу: https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=10043.

данные по районам с постоянной облачностью и в ночное время, а также обеспечивать дополнительную информацию, необходимую для формирования прочной основы в целях установления причин антропогенных выбросов.

Даже в тех областях, где возможности космических систем наблюдений являются значительными, наземные наблюдения по-прежнему имеют важное значение для калибровки и валидации, особенно если системы, обеспечивающие такие наблюдения, могут непрерывно поддерживаться на протяжении всего срока службы космических аппаратов. Предоставление наземных наблюдений также дает возможность странам, не являющимся космическими державами, активно участвовать в спутниковых программах. В то же время наземные сети могут извлекать выгоду из спутниковых наблюдений, поскольку они могут использоваться в качестве опоры.

1.6 Заключение

Перспективное видение в отношении Интегрированной глобальной системы наблюдений ВМО в 2040 году содержит конкретные описания компонентов космического и наземного базирования. Взаимодополняющий характер этих компонентов и признание их соответствующих сильных сторон и ограничений будут определять общую реализацию ИГСНВ.

ИГСНВ обеспечивает глобальную рамочную основу и предоставляет инструменты управления и проектирования, с тем чтобы все поставщики метеорологических и связанных с ними наблюдений за окружающей средой могли оптимизировать свои инвестиции в ориентированные на пользователя измерительные возможности. При совместном использовании эти возможности помогут максимально эффективно и действенно удовлетворять потребности пользователей.

ИГСНВ является существенно важным функциональным компонентом инфраструктуры, которая позволяет ВМО и ее Членам выполнять их общую миссию по оказанию помощи в спасении жизней, защите собственности и повышении благосостояния во всем мире, а также предоставлять соответствующие данные и информацию для формирования политики и принятия решений в поддержку устойчивого развития.

Эволюция ИГСНВ, описанная в настоящем документе, поможет обеспечить, чтобы система наблюдений продолжала удовлетворять потребности пользователей в ближайшие десятилетия.

2. КОСМИЧЕСКИЙ КОМПОНЕНТ СИСТЕМЫ НАБЛЮДЕНИЙ

2.1 Введение

В этой главе описывается космический компонент ИГСНВ в 2040 году. В ней рассматриваются меняющиеся потребности пользователей в наблюдениях во всех областях применения ВМО, основываясь на ожидаемом эволюционировании технологии наблюдений из космоса.

Хотя эта глава преимущественно ориентирована на Членов, которые активно участвуют в космических программах, она также важна для тех Членов, которые этого не делают. Все Члены полагаются на спутниковые данные для предоставления критически важных видов обслуживания своим пользователям; те Члены, которые не принимают непосредственного участия в космических программах, могут тем не менее вносить свой вклад, предоставляя услуги наземных станций или проводя наземные наблюдения в поддержку калибровки и валидации. В этой связи представленная здесь информация может также использоваться в качестве информационной основы при планировании аспектов наземного компонента ИГСНВ.

2.2 Тенденции и проблемы

2.2.1 Потребности пользователей

По сравнению с текущими потребностями ожидается, что к 2040 году пользователям потребуются:

- a) наблюдения с более высоким разрешением и улучшенные временные и пространственные выборки/охват;
- b) более высокое качество данных и последовательная характеристика неопределенности;
- c) новые типы данных, позволяющие понять плохо изученные до сих пор процессы земной системы, включая космическую погоду;
- d) эффективная и совместимая методология представления и распространения данных с учетом ожидаемого дальнейшего роста объемов данных.

Даже в ближайшей перспективе для удовлетворения неотложных потребностей и устранения пробелов в ряде конкретных областей применения ВМО потребуются определенные дополнительные наблюдения с использованием существующей технологии. К их числу относятся:

- a) состав атмосферы: лимбовое зондирование верхней тропосферы и стратосферы/ мезосферы; надирное зондирование с использованием коротковолновой инфракрасной (КВИК) спектроскопии; обнаружение и локализация с помощью источника света (лидар) для измерения малых газовых составляющих;
- b) гидрология и криосфера: лазерная и радиолокационная альтиметрия; многочастотная РЛС видимого диапазона с синтезированной апертурой (РСА) и пассивные микроволновые изображения;
- c) обнаружение фазового состояния воды в облаке для ЧПП: формирование изображений в субмиллиметровом диапазоне;
- d) аэрозольный и радиационный баланс: многоугловая, мульти-поляризационная радиометрия; лидар;
- e) ветер: лидарные и гиперспектральные возможности;

- f) солнечный ветер/солнечные вспышки: монитор солнечного ветра, магнитометр, датчик энергетических частиц, изображения солнечного экстремального ультрафиолетового излучения (ЭУФ), гелиосферные изображения (на L5) и поток энергетических частиц в точке (на L1).

Для мониторинга изменения климата и содействия усилиям по смягчению последствий в поддержку Парижского соглашения наблюдения за парниковыми газами и другими факторами, влияющими на углеродный бюджет, должны быть интегрированы в глобальную систему мониторинга углерода. Эта система будет состоять из нескольких элементов, включая наземные наблюдения, космические наблюдения и инструменты моделирования для включения этих данных в модели атмосферного переноса в целях оценки потоков парниковых газов.

Кроме того, потребуется новая и более качественная информация, относящаяся к возобновляемым источникам энергии, таким как приземный ветер и солнечное излучение.

Эти и другие возникающие потребности, включая мониторинг загрязнения воздуха, который приобретает все большее значение в связи с воздействием загрязнения воздуха на здоровье человека, и мониторинг глобальных осадков, потребуют значительного увеличения существующих действующих спутниковых группировок.

2.2.2 **Возможности систем**

В нижеследующих разделах описываются тенденции в области спутниковых систем и программ, имеющих отношение к ВМО. Эти тенденции, а также ожидаемые потребности пользователей, о которых говорилось выше, позволили сформировать перспективное видение в отношении космического компонента ИГСНВ в 2040 году, которое представляет собой амбициозную, но в то же время реалистичную и эффективную с точки зрения затрат цель.

Технология датчиков

Ожидается, что быстрый прогресс в технологии дистанционного зондирования приведет к разработке датчиков с более высокой чувствительностью к сигналам, что позволит потенциально повысить пространственное, временное, спектральное и/или радиометрическое разрешение. Новые типы датчиков обеспечат более широкое использование электромагнитного спектра.

К числу основных тенденций техники датчиков относятся:

- a) датчики с улучшенными геометрическими/радиометрическими характеристиками;
- b) более эффективное использование электромагнитного спектра: ультрафиолетового (УФ), дальнего инфракрасного (ИК) и микроволнового (МКВ) диапазонов;
- c) гиперспектральные датчики УФ, видимого (ВИД), ближнего ИК (БИК), ИК и МКВ диапазонов на геостационарной околоземной орбите (ГСО) и в других местах;
- d) новые космические датчики, оснащенные средствами климаточувствительного детектирования;
- e) современные датчики/спутниковые программы для обеспечения единства измерений на орбите;
- f) лидар;
- g) комбинация методов активного/пассивного зондирования;

- h) возможность проведения расширенных поляриметрических измерений (включая изображения PCA);
- i) поляризация или сопряжение угла падения;
- j) разнообразные радиозатменные методы;
- k) измерения молекулярного кислорода и водяного пара в БИК диапазоне спектра для обеспечения оценок приземного давления при безоблачном небе и высоты верхней границы облаков с точностью около 1 гектопаскаля (гПа) и оценки содержания водяного пара в столбе атмосферы с точностью около 1 миллиметра.

Информационное содержание и охват спутниковых наблюдений ограничены методами наблюдений. Например, спектры высокого разрешения потоков испускаемого излучения дают оценку концентраций микропримесей газов в средней тропосфере и выше как на дневной, так и на ночной стороне планеты, но дают мало информации о приземных концентрациях. Спектры высокого разрешения отраженного солнечного света напротив дают больше информации о концентрациях микропримесей газов вблизи поверхности, но работают только над освещенным солнцем полушарием и в большей степени зависят от облаков и аэрозолей, а также от геометрических параметров освещенности и обзора.

Ожидается, что операционные метеорологические спутниковые системы останутся ключевыми характеристиками космической системы наблюдений за климатом, способной четко отслеживать показатели изменений в климате Земли. Спутниковым агентствам в этой связи рекомендуется разрабатывать новые спутниковые приборы с учетом климатических применений. В частности, наблюдения, охватывающие электромагнитный спектр от ближнего УФ диапазона спектра до микроволнового, должны иметь достаточную точность и длительность, проследиваться до Международной системы единиц (СИ) и отбираться для обеспечения глобального представления, чтобы обнаруживать изменения в как можно более короткие сроки. Для надежных наблюдений за климатом потребуются значительные улучшения, вплоть до порядка величины, таких элементов, как калибровка и неопределенность. Тщательное описание характеристик приборов и усовершенствованная предполетная калибровка являются предварительными условиями для улучшения описания характеристик неопределенности наблюдений. Эталонные стандарты на основе СИ, как наземные, так и орбитальные, повысят качество данных всей системы. Прослеживаемость измерений будет иметь существенно важное значение для использования наблюдений для целей мониторинга климата, что потребует доступа к необработанным данным. Необходимы специально предназначенные для этих целей эталонные космические аппараты для обеспечения стандартов с адекватным пространственным и временным охватом в целях увязки разрозненных наблюдений; это потребует скоординированных усилий международных космических агентств в поддержку глобальных наблюдений за климатической системой. Необходимо следовать принципам мониторинга климата ГСНК. Важнейшие климатические переменные (ВКлП) должны подготавливаться в соответствии с установленными ключевыми требованиями к мониторингу климата. Космическим агентствам следует разрабатывать программы космических исследований для устранения существующих пробелов в мониторинге ВКлП.

Необходимо расширять возможности наблюдений за энергетическим, водным и биогеохимическим циклами Земли и связанными с ними потоками, а также разработать новые методы измерения соответствующих физических и химических аспектов, как это задокументировано в «2016 GCOS Implementation Plan» (План осуществления ГСНК на 2016 год) (публикации [GCOS-200 \(GOOS-214\)](#)).

Орбитальные сценарии

Спутниковые наблюдения также ограничены выбором орбиты. Растущее число государств, осуществляющих космические полеты и вносящих свой вклад в космический компонент системы наблюдений, потребует усилий по планированию и координации на высоком уровне со стороны Комитета по спутниковым наблюдениям за Землей

(КЕОС) и Координационной группы по метеорологическим спутникам (КГМС) с учетом потребностей ВМО и с целью обеспечения максимальной взаимодополняемости и функциональной совместимости отдельных спутниковых программ, а также устойчивости системы в целом.

Будущая космическая система наблюдений будет опираться на хорошо зарекомендовавшие себя группировки геостационарных и солнечно-синхронных спутников на низкой околоземной орбите (НОО) и будет охватывать:

- a) высокоэллиптические орбиты, обеспечивающие постоянный охват полярных регионов;
- b) низкоорбитальные спутники на орбитах с малым или большим углом наклона для комплексных дискретных измерений параметров глобальной атмосферы;
- c) летающие на малых высотах платформы, например, с малыми спутниками, служащими для восполнения пробелов, или платформы, специально разработанные для конкретных спутниковых миссий;
- d) группировки, включающие низкочастотные приборы по программе CubeSat.

Например, для получения стабильных оперативных наблюдений за содержанием CO_2 и CH_4 в атмосферном столбе в полном объеме с суточными-недельными интервалами во всех регионах, кроме регионов, больше всего закрытых плотной облачностью, потребуются измерения с использованием значительной спутниковой группировки (например, 3—10 спутников на НОО, по крайней мере, один из которых оборудован лидаром для измерений CO_2 и CH_4 , и трех или более спутников на ГСО). Общее количество необходимых спутников, вероятно, может быть уменьшено путем замены некоторых из спутников на НОО на спутники на высокоэллиптической орбите (ВЭО).

Обитаемые космические станции, такие как Международная космическая станция, могут использоваться в демонстрационных целях и для перекрестной калибровки/валидации приборов геостационарных спутников; в зоне перекрытия космических и наземных наблюдательных систем будут продолжены суборбитальные полеты воздушных шаров или беспилотных летательных аппаратов.

Мощный потенциал ГСО для разрешения проблемы суточных циклов будет дополняться более частыми наблюдениями с более низких орбит. Разнообразие орбит повысит общую устойчивость системы, но потребует особого внимания к вопросам функциональной совместимости (со стороны поставщика) и оперативности (со стороны пользователя). Разнообразие концепций спутниковых программ должно сопровождаться разнообразием программных подходов: общая система должна основываться на серии периодически повторяющихся крупных спутниковых программ, обеспечивающих стабильную и устойчивую долгосрочную основу и дополняемых программами малых спутников с более короткими жизненными циклами, ограниченной сферой охвата, экспериментальной полезной нагрузкой и более быстрыми и гибкими процессами принятия решений.

С учетом сохраняющейся нагрузки на использование электромагнитного спектра коммерческими структурами, особенно в области связи, потребуются дальнейшие усилия спутникового сообщества по защите важнейших частей электромагнитного спектра.

Необходимость ведения непрерывных записей данных для целей передачи в режиме реального времени и проведения реанализа требует надежности всей цепочки данных. Для обеспечения непрерывности и, таким образом, сведения к минимуму риска пробелов в данных необходимы планы на случай непредвиденных обстоятельств, построенные на основе совместных потенциальных возможностей всех участвующих государств, осуществляющих космические программы.

2.2.3 **Эволюция спутниковых программ**

При рассмотрении вопроса о том, каким образом космический компонент системы наблюдений станет частью Перспективного видения в отношении ИГСНВ в 2040 году, были сделаны следующие предположения в отношении эволюции спутниковых программ:

- a) система наблюдений из космоса будет по-прежнему опираться как на оперативные, так и на научно-экспериментальные спутники, преследуя различные цели и имея различные приоритеты;
- b) увеличение количества спутников и государств, осуществляющих космические программы, приведет к росту числа источников данных, что потребует совершенствования механизмов документирования, обработки и передачи данных в реальном времени;
- c) международные форумы, такие как КГМС и КЕОС, обеспечат регулярные и официальные возможности для решения вопросов совместного планирования, координации и сотрудничества.

2.3 **Описание космического компонента системы наблюдений**

Предлагаемый космический компонент состоит из четырех основных подкомпонентов. Три из них применимы к Перспективному видению в отношении ИГСНВ в 2040 году. Четвертый охватывает дополнительные возможности и потенциал, которые могут появиться в будущем.

Вместо того, чтобы устанавливать жесткие требования к каждому подкомпоненту, был найден баланс между обеспечением достаточной степени детализации для описания надежной и устойчивой системы и учетом потенциальных новых технических средств, возникающих из непредусмотренных возможностей.

Подкомпонент 1: Основная система с определенной орбитальной конфигурацией и указанными подходами к проведению измерений

- Этот подкомпонент должен служить основой для обязательств Членов и отвечать их жизненно важным потребностям в данных;
- он должен опираться на текущий базовый план КГМС (CGMS Baseline - Sustained contributions to the Global Observing System (Базовый план КГМС — Устойчивый вклад в Глобальную систему наблюдений), одобренный на КГМС-46 в Бенгалуру, июнь 2018 г., [CGMS/DOC/18/1028862, v.1, 20 декабря 2018 г.](#)), но при этом иметь полностью развернутый (глобальный) охват и новые развивающиеся возможности.

Подкомпонент 2: Основная система с открытой орбитальной конфигурацией и гибкостью для оптимизации реализации

- Этот подкомпонент должен служить основой для открытых вкладов Членов ВМО и отвечать целевым задачам в отношении данных.

Подкомпонент 3: Оперативные прототипы и демонстрационные устройства новейших технологий и научных достижений

- Этот подкомпонент должен отвечать потребностям в области научных исследований и опытно-конструкторских разработок.

Подкомпонент 4: Дополнительные возможности

- Этот подкомпонент должен включать дополнительные вклады со стороны Членов ВМО, а также академического и частного секторов.

Разделение наблюдательных возможностей на четыре подкомпонента не подразумевает последовательных приоритетов, т. е. не ожидается, что все системы подкомпонента 1 будут обязательно реализованы до рассмотрения элементов других подкомпонентов.

Основное различие между разными подкомпонентами заключается в текущем уровне консенсуса в отношении оптимального подхода к измерениям и, в особенности, в отношении продемонстрированной зрелости такого подхода: существует преобладающий консенсус в отношении возможностей, включенных в подкомпонент 1, по сравнению с возможностями, включенными в подкомпонент 2, и т. д. Вполне вероятно, что границы между подкомпонентами будут смещаться с течением времени; например, некоторые возможности, перечисленные в настоящее время в подкомпоненте 2, будут перемещены в подкомпонент 1.

Таблица 2. Основная система с определенной орбитальной конфигурацией и подходами к проведению измерений (подкомпонент 1)

Приборы	Геофизические переменные и явления
Основная группировка геостационарных спутников с минимальным количеством из пяти спутников, обеспечивающая полный охват поверхности Земли	
Мультиспектральные изображения ВИД/ИК с быстрыми циклами повторения	Количество облаков, тип, верхняя граница/температура; ветер (путем отслеживания особенностей облаков и водяного пара); температура поверхности моря/суши; осадки; содержание и физические свойства аэрозолей; снежный покров; растительный покров; альbedo; атмосферическая стабильность; характеристики пожарной опасности; вулканический пепел; песчаные и пыльные бури; начало развития конвекции (совмещение мультиспектральных изображений с данными ИК-зондов)
Гиперспектральные ИК-зонды	Температура, влажность атмосферы; ветер (путем отслеживания особенностей облаков и водяного пара); быстро развивающиеся мезомасштабные особенности; температура поверхности моря/суши; количество и высота верхней границы/температура облаков; состав атмосферы (аэрозоли, озон, парниковые газы, малые газовые составляющие)
Молниерегистраторы	Общий показатель молний (в частности, от облака в облако), начало конвекции и ее интенсивность, жизненный цикл конвективных систем, выработка NOx
Устройства зондирования в УФ/ВИД/БИК	Озон, малые газовые составляющие, аэрозоли, влажность, верхняя граница облаков
Основные группировки солнечно-синхронных спутников в трех орбитальных плоскостях (утренняя, дневная, ранняя утренняя)	
Гиперспектральные ИК-зонды	Температура и влажность атмосферного воздуха; температура поверхности моря/суши; количество облаков, водность и верхняя граница/температура; осадки; состав атмосферы (аэрозоли, озон, парниковые газы, малые газовые составляющие)
МКВ-зонды	
Изображения в ВИД/ИК диапазонах; реализация дневной/ночной полосы	Количество облаков, тип, верхняя граница/температура; ветер (высокие широты, путем отслеживания особенностей облаков и водяного пара); температура поверхности моря/суши; осадки; свойства аэрозолей; снежный и (морской) ледяной покров; распределение ледяного потока; растительный покров; альbedo; атмосферическая стабильность; вулканический пепел; песчаные и пыльные бури; начало конвекции
Изображения в МКВ диапазоне	Протяженность и сплоченность морского льда и производные параметры, такие как подвижка льда; общее количество водяного пара в столбе атмосферы; профиль водяного пара; осадки; скорость и направление ветра над поверхностью моря; вода, содержащаяся в облаке в жидком виде; температура поверхности моря/суши; влажность почвы; наземный снег
Скаттерометры	Скорость и направление ветра над поверхностью моря; напряжение в поверхностном слое; морской лед; влажность почвы; протяженность снежного покрова и водный эквивалент снега (ВЭС)
Солнечно-синхронные спутники в трех дополнительных сроках пересечения экватора в целях повышения устойчивости и улучшения дискретности измерений во времени, в особенности для мониторинга осадков	
Приборы на других спутниках на низкой околоземной орбите	
Широкополосные радиолокационные альтиметры и высотные высокоточные альтиметры на спутниках с наклонными орбитами	Топография поверхности океана; уровень моря; высота океанских волн; уровни озер; характеристики морского и материкового льда; снежный покров на морском льду

<i>Приборы</i>	<i>Геофизические переменные и явления</i>
Устройства формирования изображений в ИК-диапазоне с двойным углом обзора	Температура поверхности моря (качества климатического мониторинга); аэрозоли; свойства облаков
Изображения в МКВ диапазоне для приземных температур	Температура поверхности моря (любая погода)
Изображения в низкочастотной части МКВ диапазона	Влажность почвы; соленость океана; морской поверхностный ветер; толщина морского льда; протяженность снежного покрова и ВЭС
Зонды в МКВ диапазоне в верхней стратосфере и мезосфере на поперечных трассах	Профили температуры атмосферы в стратосфере и мезосфере
Зонды в УФ/ВИД/БИК диапазонах, надир и лимб	Состав атмосферы (озон, аэрозоль, химически активные газы)
Радиолокаторы, измеряющие осадки и облачность	Осадки (жидкие и твердые); фазовое состояние воды в облаке; высота верхней границы облачности; распределение частиц облака, их количество и профиль; аэрозоль; пыль; вулканический пепел
Зонд в МКВ диапазоне и получение изображений со спутников на наклонных орбитах	Общее количество водяного пара в столбе атмосферы; осадки; скорость и направление ветра над поверхностью моря; вода, содержащаяся в облаке в жидком виде; температура поверхности моря/земли; влажность почвы
Абсолютно калиброванные широкополосные радиометры, а также радиометры общего солнечного излучения и солнечного спектрального излучения	Широкополосный радиационный поток; радиационный баланс Земли; суммарное солнечное излучение; спектральное солнечное излучение
Радиозатменные измерения с помощью Глобальной навигационной спутниковой системы (ГНСС) (основная группировка)	Температура и влажность атмосферного воздуха; плотность электронов в ионосфере; общее содержание электронов в ионосфере в зените; общее количество водяного пара в атмосфере, который может выпасть в виде осадков
Узкополосные или гиперспектральные устройства для получения изображений	Цветность океана; растительность (включая выжженные территории); свойства аэрозолей; свойства облаков; альбедо
Устройства для получения многоспектральных изображений с высоким разрешением в ВИД/ИК диапазонах	Землепользование/растительность; мониторинг паводков, оползней; распределение дрейфующего льда; протяженность/сплоченность морского льда; протяженность и свойства снежного покрова; многолетняя мерзлота
Устройства получения изображений с помощью РСА и альтиметры	Состояние моря; высота поверхности моря; движение морского льда; классификация морского льда; геометрия плавучего льда; ледяные щиты; влажность почвы; паводки; многолетняя мерзлота
Гравиметрические спутниковые миссии	Подземные воды; океанография; масса льда и снега
<i>Другие спутниковые миссии</i>	
Солнечный ветер, плазма в точке, энергетические частицы и магнитное поле на L1	Поток частиц, энергетический спектр и магнитное поле (радиационные бури, геомагнитные бури)

<i>Приборы</i>	<i>Геофизические переменные и явления</i>
Солнечный коронограф и радиоспектрограф на L1	Получение изображений солнца и радиоволновые спектры (обнаружение корональных выбросов массы и мониторинг солнечной активности)
Плазменные зонды <i>in situ</i> , спектрометры и магнитометры энергетических частиц на ГСО и НОО; магнитное поле на ГСО	Поток энергетических частиц и энергетический спектр; геомагнитное поле (радиационные бури, геомагнитные бури)
Спектрограф рентгеновского излучения на ГСО	Поток солнечного рентгеновского излучения (солнечные вспышки)
Орбитальные эталонные стандарты измерений в ВИД/БИК и ИК диапазонах; абсолютная калибровка в МКВ диапазоне	

Таблица 3. Основная система с открытой орбитальной конфигурацией и гибкостью для оптимизации реализации (подкомпонент 2)

<i>Приборы</i>	<i>Геофизические переменные и явления</i>
Программы запусков спутников с использованием рефлектометрии ГНСС (ГНСС-Р) пассивное сканирование в МКВ диапазоне; РСА	Приземный ветер и состояние моря; изменения/таяние многолетней мерзлоты; вариации водных запасов суши; альтиметрия ледяных щитов; высота снежного покрова. ВЭС; влажность почвы
Лидар (доплеровское и двухчастотное/трехчастотное обратное рассеяние)	Профилирование ветра и аэрозоля
Лидар (одна длина волны) (в дополнение к радиолокационным спутниковым программам, упомянутым в подкомпоненте 1)	Толщина морского льда; высота снежного покрова (только если точность ориентации очень высокая)
Интерферометрическая радиолокационная альтиметрия	Параметры морского льда; надводная часть/высота надводной части морского льда
Изображения в субмиллиметровом диапазоне	Микрофизические параметры облаков, например фазовое состояние воды в облаке
Визуализационная спектроскопия в БИК/КВИК диапазонах	Двухмерные карты с пространственным разрешением CO ₂ , CH ₄ и CO над дневным полушарием
Лидары для слежения за малыми газовыми составляющими	Содержание CO ₂ и CH ₄ в столбе атмосферного воздуха в ночное время и в высоких широтах зимой
Многоугольные мультиполяризационные радиометры	Свойства аэрозолей; радиационный баланс
РСА с мультиполяризацией; гиперспектральный ВИД	Поверхность суши, океана и протяженность морского льда с высоким разрешением; типы морского льда
Группировка спутников высокочастотного зондирования в МКВ диапазоне	Температура атмосферы, влажность и ветер; температура поверхности моря/суши; количество облаков, водность и верхняя граница/температура; состав атмосферы (аэрозоли, озон, малые газовые составляющие)
Лимбовые зонды в УФ/ВИД/БИК/ИК/МКВ диапазонах	Озон; реактивные малые газовые примеси; свойства аэрозолей; влажность; высота верхней границы облачности
Спутниковая программа для наблюдений в ВИД/БИК/КВИК/ИК диапазонах в целях непрерывного охвата полярных регионов (Арктика и Антарктика)	Движение морского льда; тип морского льда; количество облаков; высота верхней границы облаков/температура; микрофизика облаков; ветер (путем отслеживания особенностей облаков и водяного пара); парниковые газы и другие малые газовые составляющие; температура поверхности моря/суши; осадки; аэрозоли; снежный покров; растительный покров; альбедо; атмосферическая стабильность; пожары; вулканический пепел

<i>Приборы</i>	<i>Геофизические переменные и явления</i>
Солнечный магнитограф, изображения солнечного ЭУФ/рентгеновского излучения и наблюдения солнечного ЭУФ/рентгеновского излучения как по оси Земля-Солнце, так и вне этой оси	Солнечная активность (обнаружение вспышек на солнце, коронарных выбросов массы и событий-предшественников); геомагнитная активность
Солнечный ветер, плазма <i>in situ</i> , энергетические частицы и магнитное поле вне оси Земля-Солнце	Солнечный ветер; энергетические частицы; межпланетное магнитное поле; геомагнитная активность
Коронোগрафические и гелиосферические изображения Солнца как на оси Земля-Солнце, так и вне этой оси (например, на L5)	Гелиосферические изображения Солнца (обнаружение и мониторинг коронарных выбросов массы,двигающихся к Земле)
Магнитосферные энергетические частицы и магнитометры	Поток энергетических частиц, энергетический спектр и геомагнитное поле (радиационные бури, геомагнитные бури)

Таблица 4. Оперативные прототипы и демонстрационные устройства новейших технологий и научных достижений (подкомпонент 3)

<i>Приборы</i>	<i>Геофизические переменные и явления</i>
Радиозатменные измерения с помощью ГНСС Дополнительная группировка для расширенного зондирования атмосферы/ионосферы (в том числе поляриметрического), включая НОО-радиозатменные измерения на НОО для дополнительных частот, оптимизированных для зондирования атмосферы	Температура и влажность атмосферного воздуха; обнаружение осадков; плотность электронов в ионосфере; общее содержание электронов в ионосфере в зените; общее количество водяного пара в атмосфере, который может выпасть в виде осадков
Спектрометр в БИК диапазоне	Приземное давление; высота верхней границы облачности; свойства аэрозолей (толщина, высота)
Лидар дифференциального поглощения (ЛДП)	Профилирование атмосферной влажности
Радиолокатор и лидар для картирования растительности	Параметры растительности; поверхностная биомасса
Гиперспектральные МКВ-датчики	Температура атмосферы, влажность и ветер; температура поверхности моря/суши; количество облаков, водность и верхняя граница/температура; состав атмосферы (аэрозоли, озон, малые газовые составляющие)
	Поверхностные океанические течения и толщина слоя перемешивания
	Измерения поверхностных вод и топографии океана с высоким разрешением
Гиперспектральные УФ/БИК-датчики	Качество воды

<i>Приборы</i>	<i>Геофизические переменные и явления</i>
Изображения солнечного коронального магнитного поля; солнечный ветер за пределами L1	Солнечный ветер; геомагнитная активность
Спектральные УФ изображения (например, ГСО, ВЭО, средняя околоземная орбита, НОО)	Ионосфера, термосфера и полярное сияние
Масс-спектрометры ионов и нейтральных частиц	Термосферные составляющие нейтральных частиц и ионосферы
Масс-акселерометры	Концентрация нейтральных частиц
Миниатюрные приборы на микро-спутниках	

Таблица 5: Дополнительные возможности (подкомпонент 4)

<i>Приборы</i>	<i>Геофизические переменные и явления</i>
Радиозатменные измерения с помощью ГНСС	Температура и влажность атмосферного воздуха; обнаружение осадков; плотность электронов в ионосфере; общее содержание электронов в ионосфере в зените; общее количество водяного пара в атмосфере, который может выпасть в виде осадков

3. **НАЗЕМНЫЙ КОМПОНЕНТ СИСТЕМЫ НАБЛЮДЕНИЙ**

3.1 **Введение**

В этой главе рассматривается наземный компонент ИГСНВ, который здесь определяется как компонент, включающий любую систему наблюдений, не размещенную в космическом пространстве; она дополняет аналогичную главу по космическому компоненту.

3.2 **Тенденции и проблемы**

Количество пользовательских приложений и наблюдаемых геофизических переменных будет продолжать расти. Этот рост будет отмечен в сферах применения, таких как космическая погода, и в наблюдениях в поддержку мониторинга ВКлП в соответствии с принципами климатического мониторинга ГСНК. Также ожидаются следующие изменения:

- a) добавленные в наземный компонент новые элементы будут устойчивыми, при этом некоторые готовые к внедрению возможности в области научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок будут переведены в оперативное состояние;
- b) диапазон и объем результатов наблюдений, подлежащих глобальному (а не локальному) обмену, существенно увеличатся;
- c) будут разработаны региональные сети наблюдений для совершенствования прогнозирования мезомасштабных явлений;
- d) будет достигнут определенный уровень целенаправленности наблюдений, при котором получают дополнительные наблюдения или не получают обычные наблюдения в зависимости от локальной метеорологической или экологической ситуации;
- e) новая информация станет доступной благодаря уменьшению габаритов датчиков, облачным технологиям, краудсорсингу и «интернету вещей». Активизируется взаимодействие между поставщиками и пользователями данных наблюдений, включая обратную связь в отношении качества данных наблюдений из центров ассимиляции данных.

Ожидается, что тенденции в области автоматизации и технологий будут включать в себя следующее:

- a) тенденция к разработке полностью автоматизированных систем наблюдений с использованием новых технологий наблюдений и информационных технологий будет продолжаться в тех случаях, когда может быть продемонстрирована экономическая эффективность таких систем и когда они отвечают потребностям пользователей;
- b) будет улучшен доступ к данным в реальном времени и к необработанным данным;
- c) испытательные полигоны для систем наблюдений будут использоваться в целях сравнения и оценки новых систем и для разработки руководящих принципов интеграции и внедрения платформ наблюдений;
- d) данные наблюдений будут собираться и передаваться в цифровой форме, в сильно сжатом виде в случае необходимости. При распространении, хранении и обработке данных наблюдений будут использоваться наработки в области компьютерной, спутниковой и беспроводной передачи данных и информационных технологий;
- e) будут разработаны эффективные и функционально совместимые технологии для управления и представления данных наблюдений; продукция для пользователей будет адаптирована с учетом их потребностей;

- f) традиционные системы наблюдений, обеспечивающие высококачественные данные наблюдений, будут дополнены недорогостоящими малогабаритными датчиками, которые производятся в массовом порядке и устанавливаются на различные платформы; данные наблюдений с этих устройств будут автоматически передаваться на центральные серверы или в базы данных; для некоторых из этих систем будут разработаны автоматизированные и автономные калибровочные системы;
- g) для более широкого спектра геофизических переменных будут разработаны промышленные датчики;
- h) базовые и опорные сети будут последовательными, непрерывными и однородными;
- i) будет проводиться более активная стандартизация приборного оснащения и методов наблюдений;
- j) при разработке и введении стандартов, используемых в качестве опорных базовых нормативов, будут все шире использоваться опорные сети;
- k) наряду с предоставлением метаданных будут усовершенствованы методы калибровки и снижена неопределенность наблюдений; это обеспечит согласованность данных и их прослеживаемость до системы СИ, а также понимание данных;
- l) будут улучшены методы контроля качества, а также характеристики ошибок и неопределенности наблюдений;
- m) будут внесены усовершенствования в процедуры для обеспечения непрерывности и надежности предоставления данных наблюдений, включая управление переходами при изменении технологий;
- n) произойдет повышение функциональной совместимости между существующими системами наблюдений и новыми внедряемыми системами;
- o) будут улучшены однородность форматов данных и их распространение по линии ИСВ.

3.3 Эволюция наземного компонента систем наблюдений

Планирование систем наблюдений наземного базирования существенно отличается от планирования систем наблюдений космического базирования, которое носит более централизованный характер и может быть организовано на десятилетия вперед. Цикл разработки космических систем наблюдений позволяет применять надежный многоуровневый подход, однако для наземных систем наблюдений многоуровневый подход для различных типов приборов или наблюдений (например, приземные наблюдения за погодой или за климатом) принимается в каждом конкретном случае. В таблице 6 ниже приводится информация об ожидаемой эволюции и тенденциях в отношении наземных систем наблюдений в различных областях (аэрологические наблюдения, приземные наблюдения над сушей, реками, озерами и океанами, подводные океанические наблюдения, криосферные наблюдения, наблюдения за космической погодой, научно-экспериментальные системы наблюдений и оперативные прототипы).

Таблица 6. Ожидаемая эволюция и тенденции в отношении типов приборов и методов наблюдений и измеряемых ими геофизических переменных

<i>Тип прибора/метод наблюдений</i>	<i>Геофизические переменные и явления</i>	<i>Эволюция и тенденции</i>
Аэрологические наблюдения		
Аэрологические погодные и климатические наблюдения	Ветер, температура, влажность, давление	• Сети радиозондирования будут оптимизированы, особенно в отношении горизонтальной плотности, что позволит снизить число районов с плотной сетью данных, и с учетом потребностей в наблюдениях за стратосферой и доступности данных наблюдений, поступающих от других систем для получения профилей параметров атмосферы. • Профили со всех радиозондов будут предоставляться с более высоким вертикальным разрешением и на основе снижения после разрыва оболочки шара-зонда и при необходимости будут использоваться в приложениях. • Будет обеспечена всесторонняя поддержка аэрологической сети ГСНК в рамках Региональной опорной сети наблюдений (РОСН). • Опорная аэрологическая сеть ГСНК расширится и будет предоставлять данные наблюдений эталонного качества для поддержки климатических и других применений. • Будет наблюдаться рост числа автоматизированных систем радиозондов, в частности размещаемых в отдаленных местах. • Специализированные сбрасываемые зонды будут продолжать применяться, причем их использование может быть расширено вследствие эволюции беспилотных летательных аппаратов (БЛА). • Станции дистанционного зондирования будут сохранены и защищены. • Поддержка малых островных и развивающихся государств будет включать совершенствование средств связи, стабильное электроснабжение и подготовку кадров в области методов измерения и техобслуживания приборов. • Мониторинг верхней тропосферы и нижней стратосферы будет улучшен за счет проведения эталонных измерений влажности, например, с помощью гигрометра точки инея и методов Лаймана-альфа. • Будет развиваться инфраструктура для наблюдений с применением БЛА (наземных, прибрежных и корабельных).

<i>Тип прибора/метод наблюдений</i>	<i>Геофизические переменные и явления</i>	<i>Эволюция и тенденции</i>
Самолетные наблюдения	Ветер, температура, давление, влажность, турбулентность, обледенение, осадки, вулканический пепел и газы и переменные состава атмосферы (облака, физические свойства и химический состав аэрозолей, озон, парниковые газы, переменные химии осадков, химически активные газы)	• Широкий спектр автоматизированных оперативных и экономически эффективных систем самолетных наблюдений (СН) станет частью более масштабной системы наблюдений, обеспечивающей высококачественные глобальные аэрологические данные, и будет дополнять другие оперативные системы аэрологических наблюдений. • Глобальная система самолетных наблюдений будет являться комплексной системой, отвечающей требованиям пользователей как метеорологических, так и аэронавигационных данных, регулируемой их соответствующими международными организациями и управляемой совместными усилиями ВМО и ее международных партнеров. • Данные с бортовых метеорологических авиарадаров будут передаваться в ССН по каналу связи воздух-земля и дополнять данные, получаемые со стационарных метеорологических радаров. • Профильные данные с систем СН будут предоставляться согласно требованиям пользователей, в частности с высоким вертикальным разрешением и с возможностью отбора по географическому признаку. Профильные данные будут предоставляться через систему, оптимизированную на региональном уровне в сотрудничестве с авиационной промышленностью. • Будут обеспечиваться расширенные профильные данные, поскольку некоторые типы самолетов смогут работать на больших высотах. • Будет расширен спектр метеорологических переменных и переменных состава атмосферы, получаемых с помощью систем СН. Например, научно-исследовательские программы, такие как программа «Эксплуатируемые воздушные суда для Глобальной системы наблюдений», которая также обеспечивает проведение самолетных наблюдений за влажностью, будут в итоге переведены из исследовательского в оперативный режим. • Системы СН будут предоставлять усовершенствованную информацию о водяных парах с глобальным охватом. • Системы СН в сотрудничестве с соответствующими международными авиационными организациями будут наращивать объемы предоставляемой стандартной информации о турбулентности.

<i>Тип прибора/метод наблюдений</i>	<i>Геофизические переменные и явления</i>	<i>Эволюция и тенденции</i>
Наблюдения методом аэрологического дистанционного зондирования	Ветер, нижняя и верхняя граница облачности, вода в облаке, температура, влажность, аэрозоли, туман, видимость	• Сети радиолокационных ветровых профилометров успешно внедрены в ряде стран и будут расширены. • Измерения параметров ветра с помощью экономически эффективных доплеровских лидарных систем будут все более активно проводиться в пограничном слое. • Рамановские лидарные системы будут обеспечивать высокоточные данные о характеристиках аэрозоля и профилях влажности и температуры в оперативном режиме. • Системы ЛДП будут обеспечивать измерения аэрозольных свойств и профилей влажности с высоким разрешением для оперативного использования. • Микроволновые радиометры будут предоставлять информацию о температуре и влажности (с ограниченным вертикальным разрешением), общем содержании водяного пара в столбе атмосферы и канале жидкой фазы в облаке. • Облакомеры будут более активно применяться для получения информации о профилях облаков и аэрозолей и могут быть частично заменены недорогими системами ЛДП. • Радиолокаторы облачности (в Ka-диапазоне или W-диапазоне) будут использоваться для усовершенствованного количественного мониторинга структуры тумана, облаков и осадков. • Будет расширяться применение видеокамер (например, в аэропортах) для поддержания местного прогнозирования, включая прогнозирование текущей погоды и авиационную метеорологию. • Будет расширено использование инфракрасных видеокамер для поддержки идентификации облаков и определения их высоты, а также локального прогнозирования и прогнозирования текущей погоды. Эти камеры также обеспечивают измерение нисходящего инфракрасного излучения.

<i>Тип прибора/метод наблюдений</i>	<i>Геофизические переменные и явления</i>	<i>Эволюция и тенденции</i>
Аэрологические наблюдения за составом атмосферы	Переменные состава атмосферы (свойства аэрозолей, озон, парниковые газы, переменные химии осадков, химически активные газы)	• Полноценная глобальная сеть оперативных озонозондов будет восстановлена, будет поддерживаться и будет расширена в рамках Глобальной службы атмосферы (ГСА) и в сотрудничестве с международными партнерами. • Автоматизированные БЛА будут более широко использоваться для проведения измерений качества воздуха. • Атмосферные системы отбора проб (например, AirCore) будут использоваться для измерения малых газовых составляющих от средней стратосферы до земли. • Будут применяться наземные спектрометры с преобразованием Фурье для получения усредненных по вертикальному столбу атмосферы значений парниковых газов. Примером сети, предоставляющей такие данные, является Сеть наблюдений за общим содержанием углерода в вертикальном столбе атмосферы (ТККОН). • Для получения переменных профилей аэрозолей будут шире использоваться лидары. • Будут внедряться другие методы дистанционного зондирования (такие как дифференциальная оптическая абсорбционная спектроскопия (ДОАС)) для измерения профилей химически активных газов в тропосфере и нижней стратосфере.
Наблюдения с помощью приемников ГНСС	Общее количество водяных паров в вертикальном столбе атмосферы, влажность, высота снежного покрова, влажность почвы, водный эквивалент снега	• Сети наземных приемников ГНСС будут расширены во всех наземных районах для обеспечения глобальных наблюдений за общим количеством водяных паров в вертикальном столбе атмосферы и за другими переменными; обмен полученными данными будет проводиться на международном уровне.

<i>Тип прибора/метод наблюдений</i>	<i>Геофизические переменные и явления</i>	<i>Эволюция и тенденции</i>
Системы обнаружения молний	Переменные молний (определение местоположения, плотность, частота разрядов, полярность, объемное распределение)	• Сети наземных систем обнаружения молний получают дальнейшее развитие и станут дополнением новых космических систем. • Системы обнаружения молний на больших расстояниях будут предоставлять экономически эффективные глобальные данные с повышенной точностью определения местоположения, что существенно улучшит охват районов с редкой сетью данных, включая океанические и полярные районы. • Системы обнаружения молний с более высокой точностью определения местоположения и лучшей дифференциацией облако-облако и облако-земля обеспечат поддержку прогнозирования текущей погоды и других применений в выбранных районах. • Получат развитие общие форматы и архивы наблюдений за молниями.
Метеорологические радиолокаторы	Осадки (распределение гидрометеоров по размерам, фаза, тип), ветер, влажность (по преломляющей способности), переменные песчаных и пыльных бурь, ряд биологических переменных (например, показатели плотности популяции птиц)	• Применение доплеровских и поляриметрических метеорологических радиолокаторов будет распространено на развивающиеся страны, включая подготовку специалистов по обработке и интерпретации данных и развитие потенциала в сфере обработки чрезвычайно больших объемов данных. • Широкое распространение получают новейшие технологии. Адаптивные радиолокаторы с электронным сканированием (с фазированной антенной решеткой) будут получать данные нетрадиционными способами, требующими адаптации инфраструктуры обмена данными и их обработки. • Рамочная основа обмена данными метеорологических радиолокационных станций будет обслуживать всех пользователей и обеспечит при этом однородные форматы данных для международного обмена. • Радиолокационная технология и данные будут использоваться для разных других целей, например для городского метеорологического обслуживания, исследования атмосферной среды, мониторинга шлейфа вулканического пепла и т. п.
Наблюдения с платформ автоматизированных аэрологических измерений с борта судна (АСАП)	Ветер, температура, влажность, давление	• Коммерческие суда будут проектироваться таким образом, чтобы способствовать ведению метеорологических и океанографических наблюдений, включая оснащение системами АСАП и их эксплуатацию.

Тип прибора/метод наблюдений	Геофизические переменные и явления	Эволюция и тенденции
Приземные наблюдения над сушей		
Приземные наблюдения за погодой и климатом	Приземное давление, температура воздуха, влажность, ветер; видимость; облачность; осадки; тип осадков; переменные поверхностного излучения; температура почвы; влажность почвы; высота снежного покрова. снегопад; плотность снега	• Будут сформированы многоуровневые сети: опорные климатические сети, базовые сети (включая РОСН) и всеобъемлющие сети, в том числе не относящиеся к НМГС и добровольные сети наблюдений/национальные мезомасштабные сети. • Данные краудсорсинговых приповерхностных наблюдений будут собираться, распространяться и объединяться с данными НМГС и других наблюдений. • Автоматизированные станции опорной сети климатических наблюдений (температура и осадки) будут развернуты во всех Регионах ВМО для совершенствования измерений изменчивости и тенденций на национальном уровне. • Качественные климатические данные будут собираться с интервалом в один день, один час и менее часа (до пяти минут) и распространяться на международном уровне. • Будет поддерживаться синергизм между данными ручных и автоматизированных наблюдений, особенно по таким элементам, как осадки, по мере необходимости, для обеспечения достаточного пространственного охвата. • Будет расширено применение автоматизированных сетей для повышения качества временного разрешения наблюдений. • Будут шире использоваться беспроводные или спутниковые технологии передачи данных для распространения в реальном времени от станции к центральной службе. • Будут расширяться структуры, не относящиеся к НМГС, в том числе добровольные и частные сети, с системой автоматизированного распространения/сбора в национальных архивных центрах. • Будет создана схема управления для сохранения жизненного цикла измерений, от сбора до архивирования данных и сопутствующих метаданных, в знак признания важности управления данными и в соответствии с соответствующим требованием. • Будут активнее использоваться видеокамеры (например, в аэропортах) для поддержки местного прогнозирования. • Будут более обширно применяться приземные сети ГНСС для получения информации о влажности, толщине снежного покрова и водном эквиваленте снега. Например, ожидается более активное использование автомобильной техники для проведения приземных наблюдений.

<i>Тип прибора/метод наблюдений</i>	<i>Геофизические переменные и явления</i>	<i>Эволюция и тенденции</i>
Приземные наблюдения за составом атмосферы	Переменные состава атмосферы ¹⁰ (свойства аэрозолей, парниковые газы, озон, суммарные атмосферные выпадения, химически активные газы)	• В сеть наблюдений с системой контроля качества будет включено больше региональных сетей. • Недорогостоящие датчики будут играть более заметную роль в предоставлении данных о загрязнении воздуха, а для определения их характеристик и калибровки будет разработано больше технических возможностей. • Метеорологические/климатические наблюдения будут совмещены с измерениями качества воздуха. • Будут расширены масштабы проведения глобальных и региональных измерений, в том числе через ГСА, с уделением особого внимания регионам с недостаточным покрытием данными и предоставлению данных для применений, имеющих большое общественное значение (например, здоровье населения, продовольственная безопасность, утрата биоразнообразия). • Будет разработана базовая опорная сеть для состава атмосферы.
Наблюдения для конкретных применений (погодные условия на дорогах, метеорологические станции в аэропортах/на аэродромах для вертолетов, агрометеорологические станции, городская метеорология и т. д.)	Переменные и явления для конкретных применений	• Будут сформированы городские опорные сети для ведения наблюдений, имеющих значение для метеорологии/климатологии городов. • Сети дорожных метеорологических наблюдений будут почти в реальном времени передавать данные, собранные и хранящиеся в национальных архивных центрах. • Измерения влажности почвы/температуры от приземного уровня до глубины в 100 см будут продолжены и распространены на сельскохозяйственные метеорологические станции. • Аэродромные системы наблюдений будут усилены для ведения наблюдений непосредственно в интересах авиации, таких как сдвиг ветра, турбулентный шлейф и наклонная видимость.

¹⁰ В полном перечне переменных состава атмосферы фигурируют более 80 переменных величин, которые указаны в Плане осуществления ГСА на период 2016—2023 гг. Этот перечень может быть расширен, чтобы отразить потребность в новых видах продукции и обслуживания, например, в связи с углеродным или азотным циклом.

<i>Тип прибора/метод наблюдений</i>	<i>Геофизические переменные и явления</i>	<i>Эволюция и тенденции</i>
Наземные обсерватории для наблюдений за льдом (припаем)	Протяженность, торосистость, движение и расщелины льда (припая)	• Будет обеспечено наличие экономически доступных автономных систем радиолокационных и визуальных наблюдений. • Обсерватории будут развернуты в рамках устойчивой сети в Арктике и Антарктике и в их окраинных морях.
Наблюдения за биосферой	Растительность, углерод (надземный и почвенный)	
Приповерхностные наблюдения над реками и озерами		
Гидрологические и криосферные наблюдения	Осадки, высота снежного покрова, снежный покров, водный эквивалент снега и ледники, испарение и эвапотранспирация, давление пара/относительная влажность, толщина льда на озерах и реках, даты замерзания и вскрытия ледового покрова, начало таяния, уровень воды, расход воды, запас поверхностных вод, качество воды, водопользование, тип растительности, влажность почвы/увлажненность почвы, температура почвы, перемещение наносов (взвешенные и донные наносы), речной сток Характеристики бассейна Осадки, высота снежного покрова, водный эквивалент снега, толщина льда на озерах и реках/дата замерзания и вскрытия ледового покрова, начало таяния, уровень воды, расход воды, качество воды, влажность почвы, температура почвы, расход наносов, речной сток	• Обмен гидрологическими данными будет усовершенствован для содействия оперативному управлению водными ресурсами, в частности в масштабах бассейна, с уделением особого внимания трансграничным водосборам. • Автоматизированные методы измерения снегопада/глубины снежного покрова будут в большей степени подкреплять измерения, проводимые в ручном режиме. • Существующие сайты мониторинга снежного покрова будут сохранены наряду с обменом данными на международном уровне. • На существующих объектах будут установлены датчики для увеличения количества автоматизированных измерений влажности/температуры почвы. • Данные добровольных наблюдений за датами замерзания/таяния льда на озерах/реках будут распространяться на международном уровне и архивироваться. • Будут создаваться и поддерживаться опорные станции наблюдений. • Будут проводиться сопутствующие измерения геометрии русла реки; будут собираться данные о качестве воды (температура, мутность, водоросли и т. п.), будут устанавливаться станции измерения расхода речной воды, станции мониторинга донных наносов и измерители мутности. • Будет осуществляться краудсорсинг в области информации о наводнениях и пересыхании рек благодаря развитию общественных сетей наблюдений и социальных сетей (включая сообщения о воздействиях).

Тип прибора/метод наблюдений	Геофизические переменные и явления	Эволюция и тенденции
	Концентрация озерного и речного льда, класс (паковый лед, припай), степень развития, площадь распространения плавучего/донного льда, температура поверхности льда, разводье во льду (расщелины, полыньи, разломы), деформация льда, торосы (высота, покров), стратиграфия льда, речные ледяные заборы и заторы, речная наледь, максимальный уровень	• Спутниковые данные обеспечат увеличение охвата данными с высоким пространственно-временным разрешением ряда регионов (например, лесных районов). • Будет проводиться дальнейшее совершенствование ряда спутниковых методов в целях картирования масштабов и продолжительности затоплений в речных поймах или в крупных речных системах. • Применение усовершенствованных цифровых данных о рельефе позволит расширить наблюдения за запасом поверхностных вод на водно-болотных угодьях, крупных поймах и эстуариях. • Информация со спутников и дождемерная сеть, которая формируется через сети виртуальных группировок, будет обеспечивать усовершенствованные данные об осадках, которые могут использоваться для прогнозирования паводков. • Для более точного прогнозирования быстроразвивающихся бурных паводков будет более эффективно использоваться радиолокационная информация об осадках, собираемая в режиме реального времени. • Будет осуществляться эксплуатация глобальной сети <i>in situ</i> измерений влажности почвы за счет консолидации существующей инфраструктуры посредством расширения и стандартизации, выполнения специализированных задач по определению влажности почвы и улучшения координации при планировании сети данных о влажности почвы, соблюдения стандартов и обмена данными. • Налаживание и сохранение обычных методов наземных наблюдений наряду со спутниковыми системами позволит осуществлять сбор дополнительной информации о снежном покрове, его глубине, водном эквиваленте снега и ледниках. • Информация о водопользовании будет консолидироваться на национальной и местной основе, способствуя тем самым улучшению управления водными ресурсами, а также осуществлению оценок, касающихся потенциального естественного потока воды в реках.

Тип прибора/метод наблюдений	Геофизические переменные и явления	Эволюция и тенденции
Наблюдения за грунтовыми водами	Уровень грунтовых вод, потоки грунтовых вод, химия грунтовых вод, характеристики водоносных горизонтов	• На национальном уровне будут созданы сети мониторинга грунтовых вод; обмен полученными данными будет производиться на международном уровне. • Эффективность гравиметрических методов наблюдений за крупными водными объектами грунтовых вод будет демонстрироваться в оперативных условиях. • Водохозяйственными организациями будет налажен и интегрирован краудсорсинг информации об уровнях воды в действующих и пересохших колодцах. • Результаты мониторинга водоносных горизонтов будут предоставляться в онлайн-режиме для содействия моделированию движения грунтовых вод и комплексного моделирования поверхностного и подземного стока.
Приповерхностные наблюдения над океанами		
Наземные станции наблюдений на море (океанические, островные, прибрежные и стационарные платформы/расположения станций) и прибрежные станции, включая ледовый радар	Приземное давление, температура воздуха, влажность, ветер; видимость; количество облаков, тип и высота нижней границы; осадки; температура поверхности моря; спектр направления и двухмерный спектр волн; прилив; морской лед; переменные поверхностного излучения; поверхностные течения Толщина, тип, топография и движение льда Переменные состава атмосферы, относящиеся к обмену между атмосферой и океаном	• Для удаленных автоматизированных станций будут установлены более высокие скорости передачи данных и будет обеспечена более дешевая спутниковая связь. • Будет использоваться большее число прибрежных ВЧ радиолокаторов, будет улучшена стандартизация приборов, обмен данными будет осуществляться на международном уровне. • Арктика: прибрежные станции будут потенциально разворачиваться вблизи припая и дрейфующего морского льда. • Антарктика: объекты Антарктической сети наблюдений за припаем (АСНП) будут потенциально поддерживаться благодаря уже существующей инфраструктуре. • Прибрежные станции будут проводить измерения элементов состава атмосферы (таких, как CO₂ и ДМС) с целью содействия классификации обмена малыми газовыми составляющими между атмосферой и океаном.

<i>Тип прибора/метод наблюдений</i>	<i>Геофизические переменные и явления</i>	<i>Эволюция и тенденции</i>
Наблюдения с судов	Приземное давление, температура воздуха, влажность, ветер; видимость; количество облаков, тип и высота нижней границы; осадки; погода; температура поверхности моря; направление, период и высота волн; соленость; течения; батиметрия; концентрация CO₂; переменные поверхностного излучения Толщина морского льда, концентрация и тип льда, размер ледяного поля и топография морского льда Наблюдения за айсбергами	• Коммерческие суда будут проектироваться и оборудоваться таким образом, чтобы способствовать ведению метеорологических и океанографических наблюдений. • Будет расширено применение радиолокатора в X-диапазоне для наблюдений за волнами и морскими ледяными торосами. • Измерения с борта судов с использованием инфракрасных радиометров для подтверждения спутниковых данных будут проводиться более систематически. • Более систематически будут использоваться термосоленографы и акустические профилометры Доплера для измерения течения (АПДТ) (судовые АПДТ (САПДТ) и погружаемые АПДТ (ПАПДТ)) для измерения профилей приповерхностных течений с исследовательских судов. • Будут использоваться туристические суда, проходящие по районам с недостаточным покрытием данными (например, в полярных регионах и в Южном океане). • Будут использоваться рыболовные суда при условии, что могут быть проведены переговоры на предмет надлежащей политики в области данных. • Будут рассмотрены вопросы безопасности судов (снятие маскировки идентификации судов для конечных пользователей). • Будет увеличено количество автономных автоматических метеорологических станций на судах, следующих по заранее заданным или целевым маршрутам. • Высокоточные данные с высоким разрешением, получаемые с исследовательских судов, будут распространяться в реальном времени. • Автономные или полуавтономные датчиковые системы заменят проводимые в ручном режиме наблюдения за морским льдом с помощью систем «Процессы, связанные с морским льдом и климатом в Антарктике» (ASPeCt)/«Инструмент стандартизации наблюдений за морским льдом с морских судов в Арктике» (ASSIST). • Активизация судоходства в полярных регионах даст возможность вести своевременные наблюдения за ледяным покровом.

<i>Тип прибора/метод наблюдений</i>	<i>Геофизические переменные и явления</i>	<i>Эволюция и тенденции</i>
		- Данные наблюдений с судов можно будет ассимилировать при составлении повседневных оперативных ледовых карт для ежедневного подтверждения типа и концентрации морского льда. - Применение стандартизированного протокола для морского льда на основании систем ASPeCt и ASSIST позволит легче пользоваться данными наблюдений за морским льдом. К предоставлению этой информации могут быть привлечены попутные суда. - Благодаря ледоколам нового поколения будет обеспечена возможность использования стандартизированной автоматизированной или полуавтоматизированной системы для ведения наблюдений за льдом и снегом на ходу. - Возрастет число судов, оснащенных приборами для одновременного измерения содержания растворенного CO₂ в океанской воде и атмосфере в целях получения характеристик потоков в системе атмосфера-океан.

<i>Тип прибора/метод наблюдений</i>	<i>Геофизические переменные и явления</i>	<i>Эволюция и тенденции</i>
Наблюдения с заякоренных и дрейфующих буюв	Давление у поверхности, температура воздуха, влажность, ветер, видимость, температура поверхности моря, соленость поверхности моря, спектры направления и двухмерные спектры волн, приповерхностная скорость, переменные поверхностной радиации, осадки, океанские течения, концентрация CO ₂ , кислотность, цветность океана	• Будут разработаны умные технологии адаптивного взятия проб для анализа конкретных условий окружающей среды и оптимизации износоустойчивости буюв. • Будут использоваться возобновляемые источники энергии. • Дрейфующие и заякоренные буюв будут оптимизированы, будут иметь большее количество приборов и будут иметь возможность передачи спутниковых данных в глобальном масштабе и в режиме времени, близком к реальному, но при этом передача данных будет осуществляться с более высокой скоростью. • Предоставляемые данные будут иметь более высокое временное и пространственное разрешение. • Будет развернут глобальный флот дрейфующих буюв для определения состояния волн и моря, основанных на ГНСС и микроэлектромеханических системах (МЭМС) с технологией, предусматривающей разные степени свободы. • Для измерения ветра и осадков будут применяться акустические датчики. • Системы антивандальных заякоренных буюв будут оснащены устройствами для видеосъемки и/или получения изображений с целью выявления инцидентов и актов вандализма; будет усилено применение правовых мер, связанных с вандализмом в отношении этих систем. • Будет поступать больший объем прослеживаемых данных наблюдений за волнами с буюв для измерения волнения, а данные глобальных наблюдений за волнами будут поступать с дрейфующих буюв.

Тип прибора/метод наблюдений	Геофизические переменные и явления	Эволюция и тенденции
Наблюдения с ледовых буйев	Кинематика льдов, давление у поверхности, температура, ветер, толщина льда, температура льда и верхних слоев океана, высота снежного покрова, температура снега, движение морского льда и др. Снежный покров на морском льду и стратификация снега, химия снега и содержание изотопов в снежном покрове	• Ледовые буи будут оснащены унифицированными датчиками и будут размещены в устойчивой сетке (Международная программа по арктическим буям и Международная программа по антарктическим буям). • Ледовые буи будут иметь меньший размер, будут дешевле, будут оснащены большим количеством приборов, снизятся расходы на спутниковую передачу данных, а данные будут передаваться с более высокой скоростью. • Буи будут оснащены усовершенствованной технологией и большим количеством датчиков, и их можно будет разворачивать с воздуха. • Будет осуществляться автоматизированное предоставление основных данных по морским льдам через ИСВ. Дополнительные данные будут передаваться по сниженным ценам главному научному руководителю. • Датчики можно будет добавлять к ледовым буям с помощью технологии «подключай и работай» (например, для создания видеосистемы для талых прудов) в целях поддержки конкретных научных исследований (по морскому льду).
Наблюдения за уровнем моря	Высота поверхности моря, давление воздуха у поверхности, ветер, соленость, температура воды, гравиметрические измерения (для океанского геоида)	• Глобальная навигационная спутниковая система будет систематически использоваться для геопозиционирования и передачи данных в режиме реального времени.
Автономные океанские надводные аппараты	Давление у поверхности, температура, влажность, ветер, видимость, температура поверхности моря, спектры направления и двумерные спектры волн	• Будут более регулярно применяться автономные океанские надводные аппараты (например, волновые буера и беспилотные суда), которые способны использовать для движения возобновляемые источники энергии и курсировать по предварительно заданным ими целевым маршрутам.
Приборы, устанавливаемые на льду	Наблюдения за припаем: толщина ледяного и снежного покрова, надводная часть, осадка льда, вертикальный профиль температуры (атмосфера-снег-лед-океан), биомасса морского льда	• Наблюдения за припаем будут вестись с помощью арктических и антарктических станций наблюдения за припаем (типа АСНП). Объекты АСНП потенциально будут поддерживаться в Антарктике благодаря уже существующей инфраструктуре.

<i>Тип прибора/метод наблюдений</i>	<i>Геофизические переменные и явления</i>	<i>Эволюция и тенденции</i>
Наблюдения <i>in situ</i> за плавучими льдинами	Толщина ледяного и снежного покрова, надводная часть, стратиграфия льда и снега, химический состав, верхний и нижний профили поверхности, биомасса, экосистемы и биологические параметры	• Будут функционировать станции наблюдений за морским льдом со сроками от краткого периода до нескольких недель (даже сезонно): в Арктике — «Camp NorthPole» и т. п., а также будет наблюдаться тенденция проводить более краткосрочные, но более интенсивные наблюдения на основании забора проб льда при поддержке судов. • Ледоколам нового поколения следует активнее содействовать работе по наблюдению за плавучими льдинами.
	Айсберги: позиция, форма, размер, концентрация, движение, высота/ширина/длина, осадка айсберга, трехмерная модель подводной части	
Подводные наблюдения за океаном		
Ныряющие буи	Температура, соленость, течение, растворенный кислород, концентрация CO ₂ , различные биогеохимические переменные	• Ныряющие буи будут проводить меньше времени на поверхности, что позволит им иметь более длительный срок службы и обеспечивать более длительные серии измерений. • Измерения будут проводиться систематически в окраинных морях и под ледовым покровом. • Профили океана будут расширены до более значительных глубин (более 6000 м). • Будет проводиться больше многопрофильных измерений. • Будет проводиться больше приповерхностных наблюдений с высоким разрешением. • Будут разворачиваться группировки ныряющих буйев, например перед штормами/ураганами. При определенных обстоятельствах задачи таких группировок по профилированию могут быть изменены в рамках существующего региона.

Тип прибора/метод наблюдений	Геофизические переменные и явления	Эволюция и тенденции
Автономные подводные аппараты (например, глайдеры)	Температура, соленость, течение, растворенный кислород, концентрация CO ₂ , различные биогеохимические переменные, осадка морского льда	- Автономные подводные аппараты смогут собирать данные об океанических профилях и проводить обследования по заранее определенным маршрутам. - Для передачи данных с удаленного оборудования будут использоваться технологии акустической связи. Автономные подводные аппараты смогут работать под ледовым покровом и регистрировать измерения на борту. Они будут передавать данные таких измерений, как только у них появится возможность передачи данных на сушу. (В большинстве случаев данные будут доступны только в режиме с задержкой). - Для подводных глайдеров будет обеспечено наличие подводных стыковочных терминалов, а также будет обеспечена возможность дистанционного управления глайдерами. - Менее дорогостоящие и готовые к развертыванию комплексы оборудования и датчиков позволят большему числу стран участвовать в наблюдениях за океаном, а развертывание группировок устройств позволит осуществлять наблюдения с высоким разрешением (пространственным и временным). - Новые датчики позволят производить измерения большего числа переменных параметров, в частности переменных параметров, связанных с биогеохимией и биологией, которые необходимы для подходов к изучению системы Земля.
Подповерхностные наблюдения с дрейфующих и заякоренных буйев	Температура, соленость, течения, концентрация CO ₂ , кислотность, осадка морского льда	- Будут применяться оптимизированные акустические датчики измерения профилей течения. - Системы антивандальных заякоренных буйев будут оснащены устройствами для видеосъемки и/или получения изображений с целью выявления инцидентов и актов вандализма; будет усилено применение правовых мер, связанных с вандализмом в отношении этих систем.
Попутные суда	Температура, соленость, цветность океана, течения	- Коммерческие суда будут лучше проектироваться и оснащаться, чтобы способствовать ведению метеорологических и океанографических наблюдений (например, на них будут установлены автоматические спускатели ОБТ/ОПТГ). - АПДТ (САПДТ, ПАПДТ) будут более систематически использоваться для текущих профилей.

<i>Тип прибора/метод наблюдений</i>	<i>Геофизические переменные и явления</i>	<i>Эволюция и тенденции</i>
Наблюдения с платформ, подключенных к подводным телекоммуникационным кабелям	Придонные и подповерхностные многопрофильные измерения, мониторинг цунами (землетрясения, волны цунами)	• Благодаря повышенной скорости передачи данных и снижению расходов на их передачу не потребуется передавать данные на поверхностный буй (он уязвим для вандализма, а его установка и обслуживание требуют больших затрат).
Измерения с привязных ледовых платформ	Температура, соленость, течение, наблюдения за припаем	• Будет поддерживаться повышенная скорость передачи данных при снижении расходов на их передачу. • Профили океана будут расширены до более значительных глубин (6000 м). • Будет проводиться больше многопрофильных измерений. • Будет использоваться комплект заякоренных на льду датчиков АСНП.
Морские животные, оснащенные измерительными датчиками	Температура, соленость, осадка морского льда	• Увеличится систематическое использование морских животных, оснащенных измерительными датчиками (морские млекопитающие, некоторые отслеживаемые виды рыб, черепахи).
Криосферные наблюдения: морской лед		
Наблюдения с ледовых буйев	Давление у поверхности, температура воздуха у поверхности, ветер, толщина льда, температура льда и верхних слоев океана, высота снежного покрова, температура снега, движение морского льда и др. Снежный покров на морском льду: стратификация снега, химия снега и содержание изотопов в снежном покрове	• Ледовые буи будут иметь меньший размер, будут дешевле, будут оснащены большим количеством приборов, снизятся расходы на спутниковую передачу данных, а данные будут передаваться с более высокой скоростью. • Буи будут оснащены усовершенствованной технологией и большим количеством датчиков, и их можно будет разворачивать с воздуха. • Будет осуществляться автоматизированное предоставление основных данных по морским льдам через ИСВ. Дополнительные данные будут передаваться по сниженной стоимости передачи данных главному научному руководителю. • Датчики можно будет добавлять к ледовым буям с помощью технологии «подключай и работай» (например, для создания видеосистемы для талых прудов) в целях поддержки конкретных научных исследований (по морскому льду).

<i>Тип прибора/метод наблюдений</i>	<i>Геофизические переменные и явления</i>	<i>Эволюция и тенденции</i>
Наблюдения с судов	Толщина морского льда, концентрация и тип льда, размер ледяного поля и топография морского льда	• Активизация судоходства в полярных регионах даст возможность вести своевременные наблюдения за ледяным покровом. • Данные наблюдений с судов смогут ассимилироваться при подготовке повседневных оперативных ледовых карт для ежедневного подтверждения типа и концентрации морских льдов. • Применение стандартизированного протокола для морского льда на основании систем ASPECT и ASSIST позволит легче пользоваться данными таких наблюдений.
Прибрежные станции	Толщина льда, тип льда и топография льда	• Арктика: прибрежные станции будут потенциально разворачиваться вблизи припая и дрейфующего морского льда. • Антарктика: объекты АСНП будут потенциально поддерживаться благодаря уже существующей инфраструктуре.

Тип прибора/метод наблюдений	Геофизические переменные и явления	Эволюция и тенденции
Криосферные наблюдения: ледяные щиты, ледники, многолетняя мерзлота		
	Поверхностная аккумуляция и абляция, температура у поверхности, альbedo поверхности, границы ледяного щита, толщина ледяного щита, скорость льда, профиль температуры льда/фирна, снежный покров, снежный профиль Прямые и косвенные измерения движения ледяных щитов, слежение за миграцией линии налегания, сток талой воды, давление воды под воздействием массы ледяных щитов, перемещение воды с ледяного щита под поверхность льда и взаимодействие между талой водой и подземными водными системами Ледники: баланс массы (аккумуляция, абляция), высота линии равновесия, толщина ледников, скорость потока льда, поток обломков, сброс ледников, профили температур снега/фирна/льда, альbedo поверхности, снег на ледниках (стратификация, химия и содержание изотопов) Многолетняя мерзлота: температура грунта, толщина активного слоя, скорость сползания горных ледников, сброс горных ледников, весенние температуры горных ледников, сезонный подъем/спад морозных температур, изменение высоты поверхности, объем гололедицы, отступление береговой линии, влажность почвы	- Автоматические метеорологические станции (АМС) с автономным энергоснабжением, действующие на поверхности ледяного щита будут производить измерения всех соответствующих параметров, включая все потоки радиации, с достаточной степенью точности для перекрытия поверхностного энергетического баланса. - Изменчивость альbedo будет определяться на основе как оптических спутниковых данных дистанционного зондирования, так и наземных наблюдений с соответствующими поправками на ошибки. - Могут разворачиваться БЛА с небольшой площадью наблюдения, чтобы заполнить пробел в пространственном масштабе по отношению к наблюдениям альbedo <i>in situ</i>. - Снежные радиолокаторы будут сочетать охват новыми, высокоточными цифровыми моделями рельефа поверхности ледников (с воздушных лидаров или спутниковых платформ). - Механизм более системного мониторинга ледников и многолетней мерзлоты будет сформирован в партнерстве с научно-исследовательскими и оперативными учреждениями на национальном и региональном уровнях, данные будут стандартизироваться, а обмен ими будет осуществляться на международном уровне. - Необходима долгосрочная устойчивость научно-исследовательских станций для содействия обеспечению наличия климатологических записей.

Тип прибора/метод наблюдений	Геофизические переменные и явления	Эволюция и тенденции
Наблюдения за космической погодой		
Наблюдения за спектром коротковолнового солнечного излучения	Белый свет, изображения излучения в линии Н-альфа и линии К кальция, солнечные пятна, вспышки, нити, протуберанцы, корональные дыры	- Новые телескопы будут обеспечивать более высокую пространственную детальность. - При большей частоте наблюдений удастся повысить временное разрешение динамических характеристик структурных элементов Солнца. - Распространение результатов аналогичных наблюдений на международном уровне обеспечит потенциал для круглосуточных наблюдений за Солнцем.
Наблюдения за солнечным радиоизлучением — спектрограф и дискретные частоты	Корональные выбросы массы, вспышки радиоизлучения, солнечная активность (поток 10,7 см)	- Новые телескопы будут обеспечивать более высокую пространственную детальность. - При большей частоте наблюдений удастся повысить временное разрешение динамических характеристик структурных элементов Солнца. - Распространение результатов аналогичных наблюдений на международном уровне обеспечит потенциал для круглосуточных наблюдений за Солнцем.
Наблюдения за ионосферой — ионозонд	Измерение способности ионосферы отражать высокочастотные радиоволны на различных частотах и высотах	- Будет улучшено временное разрешение. - Анализ ионограмм будет автоматизирован. - Сеть ионосондов будет расширена.
Наблюдения за ионосферой — риометр	Измерение «непрозрачности» ионосферы для радишумов, явления поглощения	Сеть риометров будет расширена.
Наблюдения за ионосферой — ГНСС	Общее содержание электронов в ионосфере, ионосферные градиенты, ионосферное мерцание	- Благодаря активному расширению наземной сети приемников ГНСС будет улучшено пространственное расширение. - Будет улучшено временное разрешение.

<i>Тип прибора/метод наблюдений</i>	<i>Геофизические переменные и явления</i>	<i>Эволюция и тенденции</i>
Наблюдения за геомагнитным полем	Измерения магнитного поля Земли и геомагнитных возмущений	• Благодаря активному расширению наземной сети магнитометров будет улучшено пространственное расширение. • Будет улучшено временное разрешение. • Будет улучшено извлечение данных в режиме реального времени.
Наблюдения за космическими лучами	Измерения радиации, нейтронные и мюонные мониторы	• Будет доступна новая технология наблюдений за космическими лучами для удовлетворения требований, связанных с космической погодой. • Будет улучшено качество данных в режиме реального времени.
Научные исследования и разработки и оперативные прототипы: примеры		
БЛА	Ветер, температура, влажность, состав атмосферы, высота снежного покрова, морфология русел рек, малые газовые составляющие и концентрация аэрозолей	• Потребуется более широкие платформы. • БЛА будут использоваться для измерений в нижних слоях атмосферы и непроходимых зонах. • Приборы для измерения состава атмосферы будут иметь меньшие габариты, с тем чтобы их можно было использовать на БЛА для измерения концентрации парниковых газов и аэрозолей.
Самолетные наблюдения	Грозы, общее содержание воды, радиация в разных спектральных диапазонах и направлениях, частицы пыли/песка	• Будет шире использоваться парк БЛА частных компаний. Такие БЛА будут способны совершать полеты на большие расстояния и будут работать на возобновляемых источниках энергии. Они будут развертываться на полупостоянной основе для исследовательских целей, кампаний по проведению наблюдений и оперативных применений (например, для удовлетворения потребностей в обнаружении молний, проведения исследований в области вулканического пепла, прогнозирования суровых погодных явлений (прогнозы, касающиеся дождевых осадков, космической погоды и т. д.). • Электромагнитные и радиочастотные приборы обеспечат более точное обнаружение молний. • Система измерения водяного пара будет использоваться более обширно.
Наблюдения с гондол	Ветер, температура, влажность	• Шары-зонды постоянного давления будут применяться в нижней стратосфере.

<i>Тип прибора/метод наблюдений</i>	<i>Геофизические переменные и явления</i>	<i>Эволюция и тенденции</i>
Недорогостоящие датчики	Концентрация аэрозолей, химически активных газов и парниковых газов	Уменьшение габаритов приборов и усовершенствование технологий измерения позволят проводить наблюдения за твердыми частицами (ТЧ), оксидом углерода (CO), оксидами азота (NO_x), диоксидом углерода (CO₂) и метаном (CH₄) с использованием недорогостоящих систем; качество систем со временем улучшится.

ПРИЛОЖЕНИЕ. ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СЕТЕЙ НАБЛЮДЕНИЙ

1. Обслуживание многих областей применений

Сети наблюдений следует проектировать таким образом, чтобы удовлетворять потребности множества областей применений в рамках ВМО и совместно спонсируемых программ ВМО.

2. Реагирование на потребности пользователей

Сети наблюдений следует проектировать таким образом, чтобы они могли удовлетворять заявленные потребности пользователей в плане геофизических переменных, за которыми должны производиться наблюдения, а также с учетом необходимого пространственно-временного разрешения, неопределенности, своевременности и стабильности.

3. Удовлетворение национальных, региональных и глобальных потребностей

При проектировании сетей наблюдений для удовлетворения национальных потребностей следует также учитывать потребности ВМО на региональном и глобальном уровнях.

4. Проектирование сетей с надлежащим пространственным распределением

В тех случаях, когда потребности пользователей высокого уровня предполагают необходимость пространственно-временного единообразия наблюдений, при проектировании сетей следует также учитывать другие потребности пользователей, такие как репрезентативность и применимость наблюдений.

5. Проектирование экономически эффективных сетей

Сети наблюдений следует проектировать таким образом, чтобы использовать имеющиеся ресурсы с максимальной экономической эффективностью. Это будет включать использование комплексных сетей наблюдений.

6. Обеспечение однородности данных наблюдений

Сети наблюдений следует проектировать таким образом, чтобы уровень однородности предоставляемых данных наблюдений соответствовал потребностям в рамках предполагаемых применений.

7. Проектирование на основе многоуровневого подхода

При проектировании сетей наблюдений следует использовать многоуровневую структуру, посредством которой информация, получаемая в рамках опорных наблюдений высокого качества, могла бы передаваться для проведения других наблюдений и использоваться для повышения их качества и полезности.

8. Проектирование надежных и стабильных сетей

Сети наблюдений следует проектировать таким образом, чтобы они были надежными и стабильными.

9. Обеспечение предоставления данных наблюдений

Сети наблюдений следует проектировать и развивать таким образом, чтобы обеспечивать предоставление данных наблюдений другим Членам ВМО с пространственно-временным разрешением и своевременностью, которые соответствуют потребностям региональных и глобальных применений.

10. Предоставление информации, необходимой для интерпретации данных наблюдений

Сети наблюдений следует проектировать и эксплуатировать таким образом, чтобы подробные характеристики и история приборов, условия окружающей их среды и их эксплуатации, процедуры обработки их данных и другие факторы, необходимые для понимания и интерпретации данных наблюдений (т. е. метаданные), документировались и обрабатывались с такой же тщательностью, что и сами данные.

11. Обеспечение устойчивости сетей

Улучшение обеспечения стабильного поступления данных наблюдений должно достигаться посредством проектирования и финансирования сетей, которые являются устойчивыми в долгосрочной перспективе, в том числе, в случае необходимости, посредством перевода научно-исследовательских систем в оперативный статус.

12. Менеджмент изменений

Структура новых сетей наблюдений и изменения, вносимые в существующие сети, должны обеспечивать надлежащую последовательность, качество и непрерывность наблюдений при переходе от старой системы к новой.

За дополнительной информацией просьба обращаться:

World Meteorological Organization

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

Strategic Communications Office

Тел.: +41 (0) 22 730 87 40/83 14 – Факс: +41 (0) 22 730 80 27

Электронная почта: sra@wmo.int

public.wmo.int