



ВСЕМИРНАЯ
МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКАЯ
ОРГАНИЗАЦИЯ

БЮЛЛЕТЕНЬ

Том 70 (2) — 2021 г.

ПОГОДА КЛИМАТ ВОДА

Единая политика ВМО в отношении данных



Модернизация обмена данными
для мониторинга и прогнозирования
системы Земля



Самые отдаленные и самые холод-
ные уголки земного шара



Космическая погода, расширение
границ за пределы Земли



БЮЛЛЕТЕНЬ ВМО

Журнал Всемирной метеорологической организации

Том 70 (2) — 2021 г.

Генеральный секретарь П. Таалас
**Заместитель
Генерального секретаря** Е. Манаенкова
**Помощник
Генерального секретаря** В. Чжан

Бюллетень ВМО издаётся два раза в год на английском, испанском, русском и французском языках.

Редактор Е. Манаенкова
Помощник редактора С. Кастонгэ

Редакционная коллегия
Е. Манаенкова (председатель)
П. Эгертон (политика)
Й. Стандер (обслуживание)
Й. Лютенбахер (наука, инновации)
М. Пауер (обслуживание Членов)
Э. Ри (инфраструктура)
Й. Кульман (вода и криосфера)
М. Дилли (климат)
С. Граймс (океан)
Т. Кимура (Государственно-частное взаимодействие)
С. Кастонгэ (секретарь)

Стоимость подписки

	Обычная почта	Авиапочта
1 год	30 шв. фр.	43 шв. фр.
2 года	55 шв. фр.	75 шв. фр.

E-mail: pubsales@wmo.int

© Всемирная метеорологическая организация, 2021

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 чёткого указания источника в полном объёме. Корреспонденцию редакционного характера и запросы в отношении частичного или полного опубликования, воспроизведения или перевода настоящей публикации (статей) следует направлять по адресу:

Chairperson, Publications Board
World Meteorological Organization (WMO)
7 bis, avenue de la Paix Тел.: +41 (0) 22 730 8403
P.O.Box 2300 Факс: +41 (0) 22 730 8117
CH-1211 Geneva 2, Э-почта: publications@wmo.int
Switzerland

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 отдаётся предпочтение перед другими аналогичными, но не упомянутыми или не прорекламированными компаниями или продукцией.

Мнения, выводы, объяснения и заключения, представленные в статьях и объявлениях Бюллетеня ВМО, принадлежат авторам и рекламодателям и не обязательно отражают точку зрения ВМО или её Членов.

Front cover photo: AdobeStock_345475821

Том 70 (2) – 2021 г.

Содержание

Предисловие

Петтери Таалас 2

Обмен данными ВМО — предпосылки, история и влияние

Ларс-Питер Ришойгаард, Джон Зиллман, Адриан
Симмонс, Джон Эйр 3

Политика ВМО в отношении данных в XXI веке

Герхард Адриан, Мишель Жан, Сью Баррелл,
Ларс Питер Ришойгаард. 9

Инициатива ВМО в отношении данных и более широкая повестка дня [ООН] в области данных

Мишель Жан, Сью Баррелл, Энтони Ри 15

Модернизация обмена данными для мониторинга и прогнозирования системы Земля

Реми Жиро, Джереми Тэнди, Джон Эйр, Тобиас Спирс,
Том Кралидис, Роберт А Варли, Энрико Фучиле 20

Критически важная роль наблюдений в обеспечении информации для науки о климате, оценки и политики

Дик Ди, Питер Торн, Саймон Нун, Омар Баддур,
Катерина Тассоне 27

Обмен гидрологическими данными

Роберт Арджент, Ян Данхелка, Марсело Медейрос,
Доминик Берод 34

Преимущества мониторинга состава атмосферы и международного обмена данными

Йорг Клаузен, Клавдия Волощук, Оксана Тарасова,
Стойка Нечева 41

Глобальная система наблюдений за океаном: океаны данных для прогнозирования системы Земля

Сид Терстон, Эмма Хеслоп, Тосте Танхуа, Р. Венкатёсан,
Матье Бельбеох, Виктор Турпин, Мартин Крамп,
Лонг Цзян 47

Самые отдалённые и самые холодные уголки земного шара: данные о криосфере для использования в метеорологии, океанологии, климатологии и изучении окружающей среды

Арни Сноррасон, Эйстейн Годёй, Сью Баррелл,
Родика Ниту 54

Космическая погода, расширение границ за пределы Земли

Лариса Трищенко, Кеннет Холмлунд 63

**Ни один Член не остался без внимания —
Часть 1: Мнение развивающихся стран
в отношении обмена данными в области метеорологии**

Агнёс Киджази, Дауда Конате, Арона Нгари,
Арлин Лаинг 70

**Ни один Член не остался без внимания —
Часть 2: Мнения партнёров по развитию
относительно преодоления проблем,
касающихся устойчивости сетей наблюдений
и обмена данными — усвоенные уроки**

Лорена Сантамария, Ларс Питер Риешойгаард,
Джон Хардинг, Бенджамин Ларрокетт,
Йохем Зоэтелиф 76



Предисловие

Погода и климат глобальны по своей природе, и все успешные попытки понять, контролировать и прогнозировать их в конечном итоге зависят от международного сотрудничества и глобального обмена данными наблюдений и другими данными. Метеорология и некоторые родственные ей дисциплины (в частности океанография) имеют традиции международного обмена данными и информацией, насчитывающие более 200 лет. Поскольку мы продолжаем увеличивать заблаговременность прогнозирования и улучшать понимание климата Земли как интегрированной системы, выходящей далеко за пределы атмосферы, становится ясно, что обмен данными должен быть усилен в других областях, таких как гидрология, состав атмосферы, криосфера и космическая погода.

Политика ВМО в отношении данных играет важную роль в успешном прогнозировании погоды, а также в мониторинге и прогнозировании климата. Однако резолюции 40 (Кг-XI), пожалуй, самой важной из резолюций ВМО относительно политики в области данных, уже более 25 лет, и она была подготовлена в условиях, значительно отличающихся от сегодняшних: взаимосвязь между сообществами, занимающимися исследованиями и оперативной деятельностью, приобретает всё более важное значение для обеих сторон, спутниковые данные имеют гораздо большее значение, чем когда-либо прежде, а частный сектор играет гораздо более активную роль во всех звеньях цепочки создания стоимости метеорологических данных, чем в 1995 году. Точно также резолюция 60 (Кг-17) была принята до Парижского соглашения Рамочной конвенции ООН об изменении климата (РКИК ООН), и с момента её принятия важность обмена данными, связанными с климатом, неизмеримо возросла.

ВМО совершенно необходимо обновить свои заявления о политике в отношении данных, чтобы её Члены могли продолжать удовлетворять постоянно растущий спрос на метеорологическую, климатическую и другую связанную с окружающей средой информацию и обслуживание. В соответствии со своей стратегической направленностью на принятие комплексного подхода к мониторингу и прогнозированию системы Земля ВМО решила обновить свои заявления в отношении данных в рамках единой инициативы — единой политики ВМО в отношении данных, которая охватывает данные из всех связанных с системой Земля дисциплин и областей деятельности, имеющих отношение к ВМО. Это поможет Членам ВМО значительно улучшить свои возможности для мониторинга и прогнозирования и будет способствовать тому, что Члены ВМО из развивающихся стран смогут воспользоваться всеми преимуществами улучшенной продукции моделей, которая будет получена в результате этого.

На внеочередной сессии Всемирного метеорологического конгресса в октябре 2021 года ВМО выдвигает

три взаимосвязанных стратегических приоритетных направления: новая единая политика ВМО в отношении данных, Глобальная опорная сеть наблюдений (ГОСН), направленная на обеспечение обмена крайне необходимыми данными наблюдений за погодой и климатом, и Фонд финансирования систематических наблюдений (ФФСН), который обеспечит техническую и финансовую поддержку ГОСН там, где она наиболее необходима.

Этот выпуск Бюллетеня ВМО полностью посвящён международному обмену данными, полученными в результате мониторинга и прогнозирования системы Земля, и роли политики ВМО в отношении данных в установлении и поддержании такого обмена. Вы сможете прочитать об истории обмена данными, о текущем состоянии и планах по обмену данными во всех основных областях и дисциплинах, а также об имеющихся возможностях. Также рассматриваются технические, политические и финансовые проблемы, с которыми сталкиваются некоторые из наших Членов при осуществлении обмена данными. В Бюллетень включена статья из двух частей, посвящённая конкретным вопросам обмена данными с Членами ВМО из развивающихся стран. В первой части представлены мнения четырёх постоянных представителей о текущей ситуации и влиянии трёх вышеупомянутых инициатив, ожидаемом с позиции развивающихся стран. Во второй части ряд партнёров по развитию и финансированию деятельности по климату описывают накопленный опыт, извлечённые уроки и перспективы на будущее.

Если говорить о данных наблюдений, то в большинстве статей внимание сконцентрировано на вопросах, касающихся международного обмена данными наземных наблюдений. Спутниковые данные, предоставляемые спутниковыми агентствами в качестве членов Координационной группы по метеорологическим спутникам и Комитета по спутниковым наблюдениям за Землёй, по-прежнему имеют исключительно важное значение для всех областей деятельности ВМО, а в некоторых областях их важность быстро растёт. Однако в рамках одного выпуска Бюллетеня ВМО было бы затруднительно надлежащим образом рассмотреть и соразмерно оценить значимость данных как наземных, так и космических наблюдений. Учитывая историческую важность решений конгресса относительно единой политики ВМО в области данных и ГОСН, мы решили в данном конкретном выпуске Бюллетеня сосредоточить внимание в первую очередь на данных наземных наблюдений, но я обещаю, что в будущем появится возможность, чтобы подробно рассказать о текущей и будущей роли спутниковых данных в деятельности ВМО.

Профессор Петтери Таалас
Генеральный секретарь
Всемирной метеорологической организации

Обмен данными ВМО — предпосылки, история и влияние

Ларс-Питер Ришойгаард, Секретариат ВМО; Джон Зиллман (Австралия), бывший президент ВМО (1995–2003 гг.); Адриан Симмонс, Европейский центр среднесрочных прогнозов погоды (ЕЦСПП); Джон Эйр, Метеорологическое бюро (Соединённое Королевство)

Несмотря на то, что повседневное восприятие погоды большей частью определяется её воздействием на местах, погода и климат имеют поистине глобальный характер. Часто говорят, что погода и климат не знают границ, и любой наблюдатель быстро поймёт, что погодные системы развиваются и перемещаются по планете независимо от политических границ. Влияние этого основополагающего факта на то, как мы следим за погодой и как пытаемся понять и предсказать её, является весьма существенным.

Научная и практическая деятельность в области метеорологии основана на понимании того, что, если мы можем описать текущее состояние атмосферы и подстилающей поверхности и знаем физические законы, которые регулируют их поведение, мы можем, в принципе, предсказывать будущую погоду и климат таким образом, чтобы можно было внести полезный вклад в обеспечение безопасности и благосостояния человека. Уже почти 200 лет мы знаем, что если мы можем наблюдать за текущим состоянием атмосферы над территорией нашей страны, то мы можем с определённой долей успешности предсказать местную погоду на несколько часов или, возможно, на день вперёд. Уже почти 100 лет мы знаем, что для прогнозирования будущей погоды на срок более нескольких дней в любой стране необходимо иметь доступ к атмосферным данным из любой точки земного шара. Поскольку атмосфера не имеет географических границ, только при комплексном рассмотрении её можно всесторонне понять, а в наше время и воспроизвести, используя математические модели. Поэтому современное прогнозирование погоды или климата осуществляется на основе международной координации и глобальной инфраструктуры, без которых оно было бы невозможным.

По мере развития нашего понимания метеорологии и науки о системе Земля на протяжении восемнадцатого, девятнадцатого и двадцатого веков росло и понимание необходимости доступа всех стран к глобальным данным и надёжным системам сбора данных наблюдений. Сбор этих данных начался с изобретения термометра и барометра в семнадцатом веке и постоянно развивался технологически, что привело к появлению современных жизненно важных решений космического базирования. История обмена данными ВМО — это замечательная история научных концепций, технологического развития и

предоставления обслуживания, а главное — уникальной системы сотрудничества между институтами, научными дисциплинами и национальными правительствами ради общего блага.

История обмена данными

История международного обмена метеорологическими данными восходит к основам гумбольдтовской науки начала девятнадцатого века (Wulf, 2015), ориентированному на прикладные задачи по обмену данными, унаследованному от Брюссельской конференции 1853 года (Maury, 1855), и появлению в 1873 году Международной метеорологической организации (ММО), предшественницы ВМО. ММО создала высокоэффективную международную структуру, позволяющую всем странам получать данные наблюдений из других стран и с морских судов для проведения исследований и предоставления метеорологического и климатического обслуживания своему населению.

Необходимость укрепления и расширения международного обмена данными как для научных исследований, так и для практического применения имела решающее значение для замены неправительственной ММО на межправительственную ВМО. Обмен данными был определён в качестве одной из основных целей ВМО в [Конвенции](#) 1947 года. Новая структура ВМО была усилена в течение первых двух десятилетий с помощью специальных систем сбора данных, созданных для Международного геофизического года в 1957 году, а затем усиление было более масштабным благодаря вводу в действие [Всемирной службы погоды](#) (Davies, 1990) и [Программы исследований глобальных атмосферных процессов](#) (ПИГАП).

Ввод в действие в 1970-х годах Всемирной службы погоды и ПИГАП позволил национальным метеорологическим службам (НМС) значительно усилить сбор данных и обмен данными, исследования, моделирование и прогнозирование. Это позволило им поддерживать широкий спектр метеорологического обслуживания, предоставляемого государственным и частным секторами, путём обеспечения широкомасштабных национальных экономических и социальных выгод. Однако с появлением тенденции в 1980-х годах к приватизации государственного обслуживания, ранее предоставляемого в качестве общественного блага, в ряде стран усилилось

давление с целью коммерциализации государственного метеорологического обслуживания, предоставляемого НМС. Это привело к конкуренции с частным сектором, напряжённости между ранее сотрудничавшими НМС и взиманию платы за доступ к данным, которыми ранее свободно обменивались для проведения исследований.

Проблема коммерциализации возникла в международном метеорологическом сообществе в конце 1980-х – начале 1990-х годов. Несмотря на все усилия Исполнительного совета ВМО, Всемирный метеорологический конгресс 1995 года столкнулся с перспективой полного развала международного обмена данными и глобальной войны из-за метеорологических данных (ВМО, 2019). Делегации разделились на тех, кто считал, что без свободного обмена данными международное метеорологическое сотрудничество рухнет, и тех, кто считал, что коммерциализация данных желательна (или неизбежна) и что необходимо выработать новый режим международного обмена данными. После долгих и трудных переговоров Члены ВМО пришли к консенсусу, что традиционная политика и практика «свободного и неограниченного международного обмена метеорологическими и связанными с ними данными и продукцией» принесит слишком большую пользу на глобальном уровне и является слишком важной, чтобы подвергать её риску. Конгресс единогласно принял [резолюцию 40](#), утвердив свободный обмен «основными» данными в качестве «фундаментального принципа» ВМО (рисунок 1).

Реализовать резолюцию 40 оказалось непросто для ВМО и многих отдельных стран, и вскоре стало ясно, что она не полностью охватывает многие аспекты обмена данными. Это касается нескольких категорий «дополнительных» данных, необходимых для прогнозирования погоды на национальном уровне, гидрологических и океанографических данных, а также многих типов данных, необходимых

для климатических целей. Со временем вопросы обмена гидрологическими данными были рассмотрены в резолюции 25 [конгресса 1999](#) года, океанографическими данными — на Ассамблее Межправительственной океанографической комиссии 2003 года, а климатологическими данными — в более поздней резолюции 60 ВМО. Но, хотя резолюция 40 восстановила и укрепила глобальную приверженность свободному и неограниченному международному обмену «метеорологическими и связанными с ними данными», она оставила сообщество ВМО с растущим осознанием необходимости более надёжной и унифицированной политической рамочной основы для международного обмена всеми данными о системе Земля. Истоки и ранняя история системы обмена данными ВМО, а также переговоры и влияние резолюции 40 кратко изложены в Zillman (2019, 2021) и WMO (2019).

Возникновение и распространение глобального численного прогнозирования погоды

Основные принципы численного прогнозирования погоды (ЧПП) были сформулированы Вильгельмом Бьёркнесом (1904 год), который определил необходимость применения динамико-физических методов для решения фундаментальных задач определения начального состояния атмосферы и эволюции атмосферы от одного состояния к другому. Его работа оказала значительное влияние на замечательное исследование Льюиса Фрая Ричардсона (1922 год), который подробно описал полный набор основных уравнений и численный процесс их решения. Схема Ричардсона была «сложной, потому что атмосфера сложная», и в то время она была далеко за рамками практического применения.

Появление электронных компьютеров в 1940-х годах впервые позволило решить гораздо более простое уравнение в численном выражении (Charney et al., 1950) и со временем вырабатывать решения быстрее, чем будет развиваться фактическая погода — необходимое условие для применения ЧПП в оперативном прогнозировании. Вначале прогресс шёл медленно. Только в 1970-х годах системы ЧПП смогли последовательно и убедительно превзойти прогнозистов.

Оперативное глобальное ЧПП началось 18 сентября 1974 года в Соединённых Штатах Америки (США) (Dey, 1989). Это стало возможным благодаря международному обмену данными наземных систем наблюдения Всемирной службы погоды и наличию данных с американских спутников: данных глобального зондирования температуры с полярной орбиты и данных о региональных ветрах на основе оценок, полученных в ходе слежения за облаками с геостационарной орбиты. ЧПП опиралось на предшествующее развитие глобального атмосферного моделирования и метод анализа данных наблюдений для создания начальных условий, необходимых для прогностической модели. Ещё



Рисунок 1. Двенадцатый Всемирный метеорологический конгресс, 1995 год (слева направо): А.С. Зайцев, помощник Генерального секретаря, Дж.У. Зиллман, первый вице-президент, Цзоу Цзинмэ, президент, профессор Г.О.П. Обаси, Генеральный секретарь и М. Жарро, заместитель Генерального секретаря (ВМО/Бьянко)

одним благоприятным фактором стало увеличение вычислительных мощностей.

Европейский центр среднесрочных прогнозов погоды (ЕЦСПП) был создан в 1970-х годах в знак признания потенциальных преимуществ общего вычислительного ресурса и объединённых научных знаний. ЕЦСПП стал вторым центром, предоставляющим оперативные глобальные прогнозы, 1 августа 1979 года. В 1982 году за ним последовали Метеорологическое бюро Соединённого Королевства и ВМС США. Сегодня ВМО имеет девять назначенных региональных специализированных метеорологических центров (РСМЦ) для глобального детерминистского ЧПП в рамках **Глобальной системы обработки данных и прогнозирования (ГСОДП)**. ГСОДП координирует подготовку полей метеорологического анализа и прогноза и делает их доступными во всём мире. В последние десятилетия РСМЦ значительно расширили количество и качество предоставляемой продукции, позволяя всем, кто предоставляет данные наблюдений, получать пользу от анализов и прогнозов, сделанных на основе предоставленных данных наблюдений.

Продукция глобального прогнозирования, доступная из нескольких источников и для нескольких начальных моментов времени, имеет важное значение для того, чтобы показать неопределённость прогнозов и возможных экстремальных условий. Эта продукция дополнена обширной вероятностной информацией, полученной от глобальных систем ансамблевого прогнозирования. Она дополняет единственный «детерминистский» прогноз набором прогнозов, как правило с более низким разрешением, в которые вносится возмущение для учёта неопределённостей в начальных условиях и физических процессах в модели прогноза. Ансамблевое прогнозирование было впервые введено в практику в Европе и США в декабре 1992 года. Восемь из девяти РСМЦ, назначенных для глобального детерминистского ЧПП, также назначены в качестве РСМЦ для глобального ансамблевого ЧПП.

Системы ЧПП для ограниченного района, используемые во многих странах, также получают пользу от глобального обмена данными. Несмотря на то, что для этих систем требуются данные наблюдений только из тех районов, которые они охватывают, для обеспечения заблаговременности прогноза нужны определённые значения на границах района. Эти граничные значения обычно предоставляются глобальными системами.

Эволюция глобальной системы наблюдений

За последние примерно 75 лет системы наблюдений претерпели значительные изменения. Аэрологические измерения с помощью сети радиозондов, разработанной в 1940-х и 1950-х годах, стали важным дополнением к уже существующим

приземным наблюдениям с наземных станций и судов. Наблюдения с самолётов стали доступны в большом количестве в 1970-х годах, а размещение значительного количества дрейфующих океанических буёв началось в 1979 году. Качество многих из этих видов наблюдений впоследствии улучшилось благодаря более совершенным приборам, и сегодня они доступны в гораздо большем количестве, в основном благодаря повышению уровня автоматизации, а также готовности и возможности Членов ВМО передавать их в глобальном масштабе.

Первые спутниковые изображения синоптических ситуаций были получены в 1960-х годах, но ключевые достижения в области спутниковых наблюдений для ЧПП имели место в 1970-х годах. Оперативные измерения чувствительных к температуре и влажности излучений начались в конце 1972 года. Позднее в этом десятилетии были усовершенствованы измерения излучения с полярной орбиты и оценки ветра с геостационарной орбиты. С тех пор десятилетие за десятилетием увеличивалось число спутников на орбитах вследствие увеличения числа спутниковых операторов, совершенствовались приборы и увеличивалось количество видов измерений. Сегодня атмосферный компонент системы прогнозирования ЕЦСПП обрабатывает данные, получаемые примерно от 90 спутниковых приборов.

Более того, измерения *in situ* и из космоса в настоящее время регулярно используются для определения начальных условий для океанических моделей, которые объединяются с атмосферными моделями для прогнозирования во всё большем диапазоне временных масштабов. Более высокий уровень представления компонентов в моделях прогноза поверхности земли, включая гидрологические аспекты, и в моделях состава атмосферы ещё больше расширяет потребности в данных наблюдений и их международном обмене, но также предоставляет возможности для обмена более широким набором производной информационной продукции.

Использование данных наблюдений и улучшение прогнозов

Многие данные наблюдений используются многократно. Центры прогнозирования используют их для инициализации нескольких типов прогнозов, для оценки качества прогнозов, для калибровки продукции, а также для разработки и тестирования улучшений в системах прогнозирования. Это включает как прямое использование данных наблюдений, так и использование анализов или реанализов на основе этих данных.

На рисунке 2 показано улучшение с течением времени прогнозов ЕЦСПП на три, пять и семь дней вперёд. В верхней части уточнён и обновлён рисунок, впервые опубликованный Симмонсом и Холлингсвортом (2002 год). На нём показано, что оперативные прогнозы для Южного полушария в среднем были

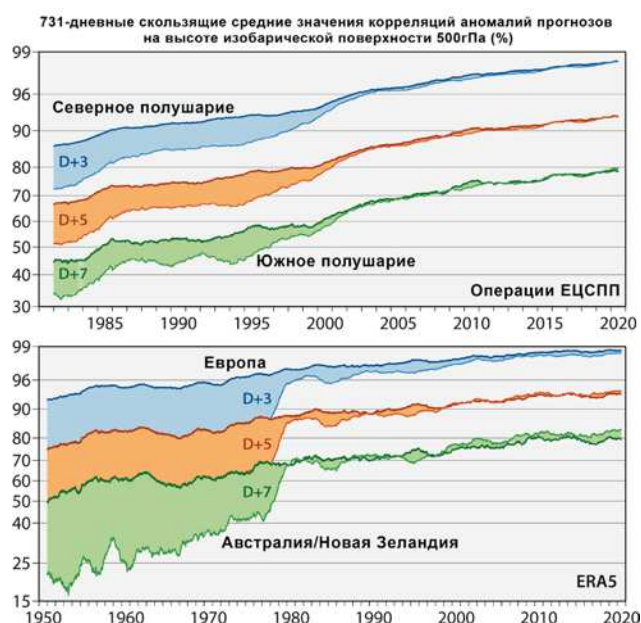


Рисунок 2. Изменение с течением времени показателей точности прогнозов ЕЦСПП на три, пять и семь дней вперёд. Вверху: 731-дневные скользящие средние значения корреляций аномалий прогнозов на высоте изобарической поверхности 500 гПа для оперативных прогнозов по внетропической зоне Северного и Южного полушарий, сделанных с 1 января 1981 года по 30 июня 2021 года. Внизу: соответствующие значения для регионов, охватывающих Европу и Австралию/Новую Зеландию, из прогнозов, сделанных ретроспективно дважды в день на основе реанализов ERA5 с 1 января 1950 года по 30 июня 2021 года. Результаты ERA5 показаны для двух регионов, где наличие данных радиозондирования делает проверочные анализы (также взятые из ERA5) более надёжными, чем анализы для всего полушария в годы до появления спутниковых данных.

значительно хуже, чем для Северного полушария до начала 1980-х годов, затем последовал период продолжительностью 20 лет, в течение которого улучшение прогнозов в Южном полушарии было более значительным, а с 2000-х годов улучшение прогнозов в обоих полушариях идёт параллельно.

В нижней части приведены показатели, начиная с 1950 года, для прогнозов, сделанных на основе реанализов ERA5 (Hersbach et al., 2020; подробнее о реанализе см. [статью 5](#)). В данном случае результаты представлены для Европы и Австралии/Новой Зеландии, поскольку наличие данных радиозондирования делает проверочные анализы (также взятые из ERA5) более надёжными для этих регионов, чем для полушарий в целом, особенно в доспутниковый период. В нижней части показано, что прогнозы ERA5 по двум регионам были в основном одинаковыми по качеству, начиная с 1979 года. Тем не менее начиная с 1979 года наблюдалось довольно стабильное улучшение прогнозов ERA5 благодаря повышению доступности и качества данных

наблюдений. Более эффективное использование данных наблюдений и более совершенное моделирование стали основными причинами улучшения оперативных показателей в 1980-х и 1990-х годах. В Южном полушарии около 2000 года прогресс был немного более заметен, чем в Северном, что говорит о большем влиянии новых спутниковых приборов, введённых в эксплуатацию в то время.

Весьма значительное улучшение прогнозов ERA5 для Австралии и Новой Зеландии в 1979 году было связано с развитием систем наблюдения как космических, так и *in situ*, которые были созданы для Глобального погодного эксперимента ПИГАП в 1979 году и поддерживались в дальнейшем. Улучшения, обусловленные изменениями в системах наблюдений в 1960-х и 1970-х годах, также очевидны для этого региона. Прогнозы для Европы до 1979 года в целом были ближе по качеству к прогнозам, сделанным в более поздние годы; но в 1950-х годах, когда расширение охвата радиозондированием предусматривало завершение формирования сетей океанских судов погоды, и в 1970-х годах, когда за первыми оперативными зондированиями из космоса последовало усовершенствование системы наблюдений в рамках ПИГАП, имело место улучшение.

Прогнозирование для тропиков представляет больше трудностей, чем для внетропической зоны. Приближения, используемые в ЧПП, были разработаны для погоды в средних широтах, и применение некоторых из них для тропиков вызывает вопросы. Кроме того, явления, происходящие в пространственных масштабах, меньших, чем те, с которыми позволяет работать разрешение модели, играют гораздо более существенную роль в тропиках, чем в умеренных широтах. В большинстве тропических районов, особенно в развивающихся странах, охват данными наблюдений, особенно аэрологических наблюдений *in situ*, является недостаточным. Недостаток аэрологических наблюдений является серьёзной проблемой — относительно небольшое количество наблюдений радиозондов, которые доступны в тропиках, оказывают непропорционально большое влияние на качество ЧПП, и это указывает на то, что система недостаточно обеспечена этими данными. Недостаток наземных наблюдений серьёзно ограничивает возможности для проверки качества фактического прогноза погоды в сравнении с качеством выходной продукции ЧПП.

Тем не менее есть и успешные примеры. Главным примером является улучшение прогнозов тропических циклонов и эффективность последующих действий, предпринимаемых для защиты жизни людей и ограничения материального ущерба. [Официальные прогнозы Национального центра по ураганам США](#), например, регулярно опираются на продукцию пяти различных глобальных центров прогнозирования погоды (три из них не в США) и трёх региональных систем. За последние тридцать лет прогнозы

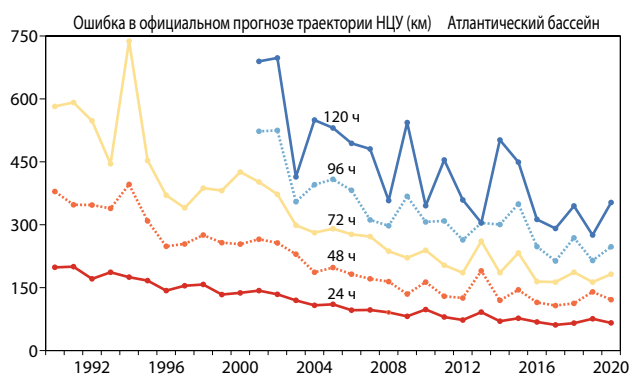


Рисунок 3. Среднегодовая ошибка в положении (км) в официальных прогнозах Национального центра по ураганам США для Атлантического бассейна с 1990 по 2020 год (взято из Cangialosi, 2021).

траектории движения циклонов для Атлантического бассейна (рисунок 3) значительно улучшились. За тот же период произошли явные, хотя и более скромные, улучшения в прогнозах интенсивности циклонов.

Наблюдения для анализа климата и осуществления ГСНК

Данные наблюдений, используемые для ЧПП, также используются для мониторинга, понимания, моделирования и прогнозирования климата. В целом для климатических применений нужны более комплексные наблюдения за системой Земля, и существует широкий спектр институциональных механизмов для проведения и обработки этих наблюдений. Комплексная Глобальная система наблюдений за климатом (ГСНК) была официально создана в 1992 году как международная, межведомственная, междисциплинарная структура с целью обеспечения доступности всеобъемлющей информации о всей климатической системе (Houghton et al., 2012). ГСНК определила перечень важнейших климатических переменных (ECVs; Wojinski et al., 2014), которые необходимы для характеристики климатической системы и её изменений и наблюдение за которыми технически осуществимо и доступно по затратам и опирается большей частью на скоординированные системы наблюдений с использованием проверенных технологий. Следовательно, там, где это возможно, можно воспользоваться комплектами исторических данных. Также ГСНК регулярно проводит оценку состояния глобальных климатических наблюдений и потребностей в их проведении и представляет отчёты ВМО и другим своим спонсорам¹, а также Сторонам Рамочной конвенции ООН об изменении климата.

Международный обмен данными для климатических применений необходим как для исторических, так и для текущих наблюдений. Различные факторы могут

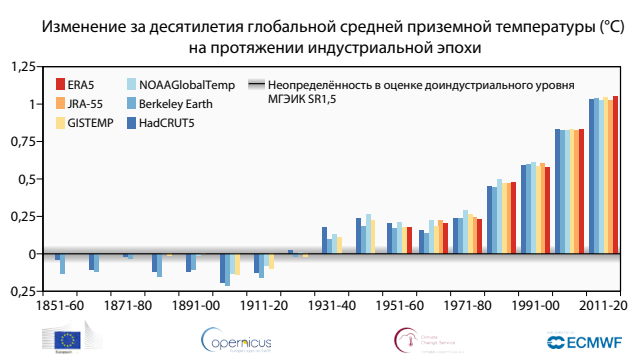


Рисунок 4. Средние за десятилетия оценки глобальной средней приземной температуры по данным шести комплектов данных, выраженные в виде изменения на протяжении индустриальной эпохи. Для двух наборов данных (ERA5 и JRA-55) используется анализ синоптических данных о приземной температуре воздуха; для остальных четырёх используется анализ среднемесячных данных со станций. Более подробная информация доступна по ссылке <https://climate.copernicus.eu/copernicus-2020-warmest-year-record-europe-globally-2020-ties-2016-warmest-year-recorded>.

обуславливать тот факт, что некоторые из последних данных наблюдений и продукции доступны только с задержкой. Это касается ежегодных сводок климатологических данных (CLIMAT) со станций наблюдений, которые важны для продолжения ряда данных об изменении температуры, ведущихся с девятнадцатого века. Однако при этом своевременные метеорологические и связанные с ними данные, предназначенные для прогнозирования погоды, также используются максимум в течение нескольких дней для расширения многоцелевых реанализов. Эти реанализы обеспечивают, например, оперативное обновление ряда температурных данных, построенного на основе ежемесячных данных станций (и наблюдений за температурой моря) за предыдущие десятилетия (рисунок 4). Помимо того, что реанализы предоставляют гораздо более полный комплект ежемесячных данных об изменчивости и изменении, они дополняют ежедневные данные станций в плане определения и описания экстремальных явлений, на информацию о которых существует большой и неотложный спрос со стороны обществственности, особенно на информацию, касающуюся роли изменения климата. Обмен информационной продукцией, полученной в результате реанализа (см. статью 5), стал более открытым за годы, прошедшие с начала этой деятельности в 1990-х годах, обеспечивая дополнительные преимущества тем, кто предоставляет данные наблюдений, на которых основана эта продукция.

Проектирование сетей наблюдений

Начиная с 1995 года ВМО установила процедуру регулярного обзора потребностей (РОП) в отношении наблюдений:

¹ Межправительственная океанографическая Комиссия ЮНЕСКО, Программа Организации Объединённых Наций по окружающей среде.

- Потребности в наблюдениях оцениваются для каждой из 14 (на данный момент) прикладных областей, охватывающих весь спектр деятельности ВМО.
- Также оцениваются возможности существующих и планируемых наземных и космических систем наблюдений.
- Осуществляется сравнение потребностей и возможностей, выявляются текущие или прогнозируемые пробелы в имеющихся возможностях.
- На основе анализа пробелов разрабатывается концепция системы наблюдений, а также план мероприятий по реализации этой концепции.

Процедура РОП в значительной степени опирается на опыт как экспертов по применениям, так и экспертов по технологиям.

С самого начала процедура РОП была направлена на то, чтобы вовлечь все области, охваченные программами ВМО, однако прогресс в одних областях был более быстрым, чем в других. Тесные связи с ГСНК обеспечили, чтобы потребности в отношении мониторинга климата всегда были представлены должным образом. Однако основной областью применения, определяющей процедуру РОП, с самого начала было глобальное ЧПП. Сообщество ЧПП уже работало весьма слаженно, и его потребности в наблюдениях были достаточно хорошо понятны. Начиная с 1990-х годов это сообщество эффективно формулировало свои потребности в отношении быстро расширяющегося спектра спутниковых данных, первоначально путём координации между центрами ЧПП в Европе и Северной Америке и соответствующими космическими агентствами. Это переросло в координацию между всеми основными глобальными центрами ЧПП и космическими агентствами под эгидой форума «Глобальный обмен данными наблюдений (ГОДН)» при участии Секретариата ВМО.

Координация обмена данными наземных наблюдений оказалась более сложной. Отчасти это объясняется большим количеством участвующих организаций — 193 Члена ВМО по сравнению с небольшим количеством космических агентств — и отчасти отсутствием сильного и хорошо организованного лобби, поддерживающего эти системы наблюдений. Во многих частях мира, особенно в развивающихся странах, охват данными наблюдений за последние 20 лет уменьшился, несмотря на то, что потребности в этих данных по-прежнему имеют весьма серьёзную поддержку. В значительной степени под влиянием РОП ВМО в настоящее время предпринимает действия по реализации Глобальной опорной сети наблюдений (ГОСН), в рамках которой на глобальном уровне разрабатывается и определяется сеть наземных наблюдений, необходимая для поддержки глобального ЧПП и реанализа климата. Требования, регламентирующие работу ГОСН, будут предусматривать количественные целевые показатели для измеряемых переменных и минимальное временное и пространственное разрешение, а международный обмен будет обязательным.

Большая часть усилий по совершенствованию сетей наблюдения и обмена данными была предпринята глобальным сообществом ЧПП. Однако это не обязательно означает, что другие области применения были оставлены без внимания или недостаточно охвачены данными наблюдений. Выходные данные глобальных систем ЧПП непосредственно используются для активизации многих других областей применения, которые таким образом наследуют часть своих потребностей в данных наблюдений от ЧПП.

Исторически сложилось так, что для обслуживания различных сообществ и областей применения были созданы независимые сети наблюдений, использующие различные стандарты, форматы и механизмы связи, несмотря на то, что многие измеряемые геофизические переменные были одинаковыми. В принципе, использовать наблюдения, сделанные одним сообществом, для обслуживания другого сообщества можно, но на практике это часто было сложно, долго и дорого. Чтобы устранить возникшую избыточность таких сетей и облегчить совместное использование имеющихся ресурсов, ВМО разработала концепцию Интегрированной глобальной системы наблюдений ВМО (ИГСНВ), которая была инициирована в 2011 году и объявлена готовой к эксплуатации в 2019 году. Проект резолюции о политике в отношении данных, представленный на внеочередной конгресс в 2021 году, в значительной степени обусловлен необходимостью содействовать дальнейшему развитию ИГСНВ и тем самым поддержать по-настоящему комплексный подход к системе Земля для мониторинга и прогнозирования окружающей среды (см. [статью 2](#)).

Выводы

Почти шестьдесят лет обмена данными в рамках Всемирной службы погоды ВМО показали огромную силу и преимущества глобального сотрудничества в понимании, прогнозировании и реагировании на разнообразные явления погоды и климата. За это время прогнозирование погоды прошло путь от узкофункциональной области, представляющей пользу в основном для мореплавателей, авиаторов, фермеров и любителей активного отдыха, до признания в качестве общественной необходимости и ресурса, правом на использование которого пользуются почти все секторы экономики и который используется в повседневной жизни почти всех людей на планете. Многие практики, зародившиеся в метеорологии, нашли своё применение в смежных дисциплинарных областях, многие из которых тесно сотрудничают с метеорологическим сообществом. ВМО обновляет свою политику в отношении данных в ответ на описанные изменения, а движущие силы, стоящие за этим обновлением, и его ожидаемое воздействие будут более подробно рассмотрены в оставшейся части этого выпуска.

**Список литературы доступен
в онлайн-режиме**

Политика ВМО в отношении данных в XXI веке

Герхард Адриан, президент ВМО; Мишель Жан, президент Комиссии ВМО по наблюдениям, инфраструктуре и информационным системам и почётный сотрудник Метеорологической службы Канады, Министерство окружающей среды и изменения климата Канады; Сью Баррелл, председатель исследовательской группы по вопросам и политике в области данных Комиссии ВМО по наблюдениям, инфраструктуре и информационным системам; Ларс Питер Ришойгаард, Секретариат ВМО



Рисунок 1. Цепочка создания стоимости в области обслуживания, связанного с погодой и климатом. Для достижения успеха все звенья цепочки должны работать эффективно.

Цепочка создания стоимости в метеорологии и роли ВМО и её Членов

Конечной целью деятельности, координируемой посредством ВМО, является предоставление гражданам и экономике всех Членов ВМО возможности получать пользу от метеорологического и климатического обслуживания и связанного с ними обслуживания в области окружающей среды. Это достигается с помощью цепочки создания стоимости в метеорологии¹ (см. рисунок 1), которая начинается с наблюдений, нашего основного источника знаний об атмосфере и климатической системе, и заканчивается принятием эффективных решений на основе обслуживания, предоставляемого на базе наблюдений. Схематично цепочку создания стоимости можно описать следующим образом:

- Наблюдения за погодой и климатом регулярно ведутся по всему миру.
- Обмен данными этих наблюдений осуществляется на международном уровне, в том числе с

глобальными центрами численного прогнозирования погоды (ЧПП).

- Выходная продукция ЧПП, данные мониторинга и прогнозирования погоды и климата создаются и предоставляются Членам ВМО (193 государства-члена, включая территории-члены).
- Глобальная выходная продукция ЧПП используется национальными метеорологическими и гидрологическими службами (НМГС) и другими организациями в качестве основы для подготовки информации о погоде и климате.
- Метеорологическое и климатическое информационное обслуживание предоставляется пользователям, включая национальные и местные органы власти, предприятия, средства массовой информации, научные круги и широкую общественность.
- Получив информацию о погоде и климате, органы власти, представители всех секторов экономики и отдельные лица принимают эффективные решения.

Первые три звена в цепочке создания стоимости (показаны красным цветом) составляют метеорологическую инфраструктуру, которая должна быть введена в эксплуатацию и скоординирована на глобальном уровне, как объясняется в первой статье этого номера. Последние три звена

¹ Цепочка создания стоимости в метеорологии охватывает погоду, климат, состав атмосферы и ряд смежных дисциплин, которые зависят от глобального обмена данными.

(выделены синим цветом) обычно реализуются на национальном уровне, а в некоторых случаях со значительными региональными элементами или частично на местном уровне в крупных странах. Государственные структуры, как правило, играют значительную роль во всех звеньях цепи.

Принято считать, что самая важная роль национального правительства заключается в том, чтобы защищать своё население. Исходя из этого, в рамках сферы деятельности ВМО целью правительств и их НМГС является максимальное увеличение общественной пользы от метеорологической, гидрологической и климатологической информации, в частности от её использования для спасения жизней, защиты собственности и содействия экономическому процветанию.

Как говорилось в первой статье, глобальный характер погоды и климата делает международный обмен данными необходимым условием для любой попытки мониторинга, понимания и прогнозирования их проявлений. Это признаётся уже более 200 лет, и поэтому метеорология имеет историю международного сотрудничества по обмену данными наблюдений и другими видами информации, которая восходит к изобретению телеграфа в первой половине девятнадцатого века.

Создание Международной метеорологической организации (ММО), а затем ВМО было основано на этом признании. В преамбуле Конвенции ВМО подтверждается «жизненно важное значение миссии национальных метеорологических, гидрометеорологических и гидрологических служб, заключающейся в наблюдении за погодой и климатом и их понимании, а также в предоставлении метеорологического, гидрологического и связанных с ними видов обслуживания в поддержку соответствующих национальных потребностей, которые должны охватывать следующие области: а) защита жизни и имущества; б) охрана окружающей среды; с) вклад в устойчивое развитие...».

Таким образом, Конвенция ВМО признаёт, что большинство стихийных бедствий являются результатом метеорологических и связанных с ними гидрологических явлений, что их воздействие может быть смягчено путём расширения возможностей Членов по обеспечению готовности к ним и принятию мер реагирования, а также необходимость международного сотрудничества для этого.

Политика ВМО в отношении данных и современные движущие факторы изменений

Одна из основных функций ВМО заключается в содействии и координации международного обмена данными, необходимого для поддержки предоставления обслуживания, а роль её политики в отношении данных заключается в формулировании принципов такого обмена и методов, способствующих его осуществлению: какими типами данных будут обмениваться, кто и с кем будет обмениваться, для каких целей и при каких условиях?

Тот факт, что необходимость международного обмена данными очевидна и находит практически всеобщее понимание со стороны Членов ВМО, ещё не означает, что сформулировать политику, которая была бы пригодна для использования и приемлема для всех Членов, просто. В рамках общей цели национальных правительств, заключающейся в том, чтобы предоставлять метеорологическое и климатическое обслуживание своим гражданам, существует широкий спектр различных подходов к достижению этой цели на национальном уровне с различным распределением обязанностей между различными участниками. Например, не существует повсеместного, общего понимания роли, которую играют в этом деле государственный и частный секторы. Не существует всеобщего согласия о том, какое обслуживание должно предоставляться государственными учреждениями бесплатно, в отличие от платного обслуживания, которое может предоставляться либо частными организациями, либо государственными учреждениями, действующими как частные организации. Эффективная политика в отношении данных должна обеспечить достаточную ясность, чтобы Члены могли создавать продукцию и предоставлять обслуживание своим клиентам. В то же время она должна оставаться достаточно широкой и носить не директивный характер, чтобы учесть различные национальные политики и национальные подходы к реализации цепочки создания стоимости в метеорологии.

На протяжении многих лет политика ВМО в отношении данных должна была претерпевать изменения, чтобы соответствовать новым требованиям, новым областям применения, новым технологиям и меняющимся политическим и экономическим реалиям. Политика в отношении данных продолжает обновляться и в двадцать первом веке, и в октябре 2021 года на обсуждение внеочередной сессии Всемирного метеорологического конгресса будет вынесен сильно обновлённый вариант. Существует несколько основных движущих факторов, обусловивших необходимость появления этого нового варианта, и некоторые наиболее важные из этих факторов будут перечислены в следующих параграфах.

Во-первых, феноменальный прогресс и успешное применение мониторинга и прогнозирования погоды и климата, о которых говорилось в первой статье, привели к взрывному росту спроса на информацию о погоде, климате и связанной с ними информации о системе Земля со стороны всех секторов общества. Это привело к растущему признанию экономической ценности всех типов данных о системе Земля, что в свою очередь способствовало появлению всё более широкого круга заинтересованных сторон, активно участвующих в создании и использовании этих данных. Более того, несмотря на постоянно развивающийся технологический потенциал, можно утверждать, что наша уязвимость к неблагоприятным воздействиям погоды во многих областях возрастает. Значительно больше людей, чем когда-либо в истории, проживают в зонах повышенного риска, таких как низко расположенные, подверженные внешнему воздействию прибрежные районы и поймы рек. У мегаполисов своя уязвимость к погодным явлениям со значительными воздействиями и последствиями,

связанная с необходимостью поддержания функционирования критически важной инфраструктуры в любых ситуациях и трудностях в отношении потенциальной эвакуации. Кроме того, продолжающееся изменение климата уже сейчас влияет на частоту возникновения погодных явлений со значительными воздействиями и последствиями. Повышение возможностей для мониторинга и прогнозирования необходимы не только для того, чтобы справиться с последствиями текущих погодных явлений, но и для того, чтобы помочь обществу понять погоду, которая может ожидаться в будущем, и адаптироваться к ней.

Во-вторых, постоянно растущий спрос на данные о системе Земля и постоянный прогресс технологий, охватывающих наблюдения, телекоммуникации и обработку данных, привели к огромному увеличению объёма доступных данных о системе Земля. Развитие технологий наземного и космического дистанционного зондирования, а также увеличение скорости обработки и объёма памяти компьютеров, используемых для метеорологического моделирования, требует принятия новых подходов к распределению данных и доступу к ним. Старые решения, такие как Глобальная система телесвязи (ГСТ), больше не могут адекватно поддерживать обмен данными и должны быть заменены технологиями на базе Интернета и облачными технологиями. Информационная система ВМО (ИСВ) обеспечивает необходимые стандарты для форматов данных и метаданных (см. [статью 4](#)).

В-третьих, в последние годы многие страны, особенно развитые, продвигаются в направлении того, чтобы сделать все данные, получаемые за счёт государственного финансирования, общедоступными в виде «открытых данных». Поставщики данных, такие как НМГС, сталкиваются с растущим спросом на открытый доступ к любым данным, которые они производят. Европейский союз возглавил такой подход, выпустив директиву «Об открытых данных и повторном использовании информации государственного сектора» (директива 2019/1024), которую страны-члены обязаны выполнять в рамках своего национального законодательства. Социально-экономическое обоснование этой директивы чётко изложено в её преамбуле (п. 9 и 16): «Документы,

подготовленные государственными органами исполнительной, законодательной или судебной власти, представляют собой обширный, разнообразный и ценный фонд ресурсов, которые могут принести пользу обществу. Предоставление этой информации, включающей динамические данные, в общепринятом электронном формате позволяет гражданам и юридическим лицам находить новые способы их использования и создавать новые инновационные виды продукции и обслуживания...».

В-четвёртых, наблюдается постоянное распространение методов метеорологических наблюдений и моделирования на смежные области применения, такие как мониторинг окружающей среды, а также стремление повысить точность и расширить сроки действия прогнозов различных погодных, климатических и гидрологических явлений. В результате стало ясно, что к системе Земля необходим комплексный подход. Для достижения успеха этот подход должен охватывать проектирование сетей наблюдений, проведение наблюдений и обмен ими, комплексное моделирование системы Земля и последующий обмен полученной выходной продукцией моделей.

После тщательного анализа этих факторов и их влияния ВМО решила, что принятие единого всеобъемлющего программного заявления, в котором чётко и недвусмысленно определяются объём и содержание обмена данными, необходимыми в двадцать первом веке, будет наилучшим способом реагирования и поможет метеорологии добиться дальнейшего прогресса.

Общественный контекст и внешние факторы. Как отмечалось ранее, в последние годы к НМГС в качестве активных или потенциальных участников обмена данными присоединился широкий круг заинтересованных сторон. К ним относятся государственные учреждения, не входящие в состав НМГС, некоммерческие организации и различные структуры частного сектора и научного сообщества. Такое разнообразие весьма желательно и, при надлежащем управлении, поможет достичь широты обмена данными, которая необходима для реализации только что рассмотренного подхода к системе Земля. Для того чтобы воспользоваться выгодой, которую обеспечит такое широкое и разнообразное участие, при разработке и

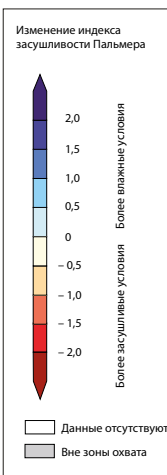
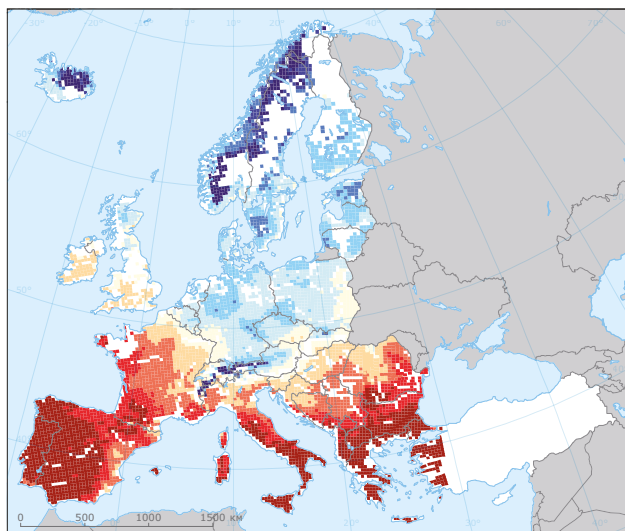


Рисунок 2. Прогнозируемые изменения во влажности почвы летом. Изменения представлены как среднее мультимодельное изменение между 1961–1990 и 2021–2050 годами с использованием 12 региональных климатических моделей (РКМ); красный цвет указывает на более сухие, а синий — на более влажные условия. (Источник: Европейское агентство по окружающей среде (CC BY 2.5 DK))

реализации политики ВМО в отношении данных это разнообразие должно быть учтено.

Признавая наличие этих возможностей, 18-я сессия Всемирного метеорологического конгресса приняла Женевскую декларацию 2019 года «Формирование сообщества для принятия мер в области погоды, климата и водных ресурсов» и договорилась о проведении открытого консультативного диалога высокого уровня по вопросам партнёрства и инноваций для следующего поколения сведений, связанных с погодой и климатом.

Новая единая политика ВМО в отношении данных была разработана в контексте Женевской декларации. Представители государственного, частного и академического секторов приняли активное участие в её разработке. Политика направлена на обеспечение беспроигрышных возможностей путём содействия широкому участию в свободном и неограниченном обмене метеорологическими и связанными с ними данными о системе Земля. Благодаря конкретным формулировкам, касающимся практики применения политики, и использованию точных определений она обеспечивает ясность для всех сторон в отношении ожиданий, возлагаемых на них, и выгод, которые они могут получить. Широкие консультации с привлечением всех участников обмена данными останутся ключевым элементом регулярных обзоров политики и практики с целью обеспечения того, чтобы политика оставалась актуальной и способной реагировать на развитие ситуации.

Ключевые стратегические инициативы, предпринимаемые по всему миру как в частной, так и в государственной сферах, уже иллюстрируют некоторые из упомянутых выше тенденций. Общей особенностью является участие в многосторонних консорциумах, где все стороны получают выгоду от значительных инвестиций в совместную инфраструктуру. Ниже приведены некоторые примеры таких инициатив, которые помогли в разработке новой политики ВМО в отношении данных и/или получают пользу от её реализации Членами ВМО.

Программа «Коперник». В рамках программы «Коперник» Европейская комиссия (ЕК) от имени своих государств-членов инвестирует в объединение платформ интеграции данных и моделирования, чтобы оптимизировать и максимально использовать существующие возможности и опираться на критическую массу накопленных знаний и опыта. Миссия программы «Коперник» заключается в использовании результатов наблюдений за Землёй и численных прогнозов для получения информации с добавленной стоимостью, охватывающей все компоненты окружающей среды, в интересах политиков, исследователей, коммерческих и частных пользователей, а также мирового научного сообщества. Программа «Коперник» охватывает шесть основных областей обслуживания, одна из которых сконцентрирована на изменении климата и его совокупных последствиях (см. [статья 5](#)). Программа осуществляется в партнёрстве со странами — членами Европейского союза, Европейским космическим агентством (ЕКА), Европейской организацией

по эксплуатации метеорологических спутников (EUMETSAT), Европейским центром среднесрочных прогнозов погоды (ЕЦСПП) и различными другими учреждениями ЕС, а также организацией Mercator Ocean.

Программа «Microsoft Earth». В декабре 2017 года компания Microsoft объявила об инвестициях в размере 50 млн долларов США в свою программу «Искусственный интеллект (ИИ) для блага Земли», направленную на разработку технологий искусственного интеллекта для более глубокого понимания и эффективного решения стоящих перед планетой проблем, связанных с окружающей средой. Как пояснили представители компании: «По сути, ИИ может ускорить нашу способность наблюдать за системами окружающей среды и их изменениями в глобальном масштабе, преобразовать данные в полезную информацию и применять эту информацию для принятия конкретных мер по улучшению управления нашими природными ресурсами». Цель программы «ИИ для блага Земли» — обеспечить более широкий доступ к вычислительной технике и инструментам ИИ. Это снижает барьеры для участия небольших организаций, которые не могут позволить себе инвестиции в ИТ-инфраструктуру, и создаёт сообщество участников, которые будут развивать инновационные и масштабируемые решения в области ИИ.

Параллельно Microsoft и другие поставщики облачных технологий подключают государственные базы данных к своей облачной инфраструктуре, чтобы расширить предложение данных, предоставляемых клиентам.

Интеллектуальная платформа компании IBM для работы с данными об окружающей среде: геопространственная аналитика. [Интеллектуальная платформа компании IBM для работы с данными об окружающей среде](#) — это платформа, специально разработанная для больших объёмов геопространственно-временных данных (карты, спутниковые изображения, данные о погоде, данные с беспилотников, Интернет вещей), запросов и аналитических услуг на основе постоянно обновляемой базы геопространственно-временной информации, включающей спутниковые данные о погоде и климатическую информацию. Она выполняет различные преобразования для упрощения использования как исторических данных, так и данных в реальном времени, а затем обеспечивает быстрое обнаружение данных. Одновременно «геопространственная аналитика» является вычислительной платформой для реализации физических и статистических моделей на основе курируемых наборов данных. Она направлена на поддержку разработки приложений, включающих искусственный интеллект и другие виды аналитики данных.

Единая политика ВМО в отношении международного обмена данными о системе Земля и её ожидаемое воздействие. По сравнению с тремя существующими резолюциями ВМО о политике в отношении данных, которые она призвана заменить, новая Единая политика ВМО в области данных обеспечит более комплексный, более гибкий и более легко реализуемый подход к обмену данными.

Существующая в настоящее время политика ВМО в отношении данных изложена в трёх отдельных резолюциях конгресса, охватывающих три области: резолюция 40 (Кг-XII), касающаяся погоды, резолюция 25 (Кг-XIII), касающаяся воды, и резолюция 60 (Кг-17), касающаяся климата. В отличие от этого, резолюция о Единой политике ВМО относительно данных охватывает семь областей, которые объединяют в себе все данные ВМО о системе Земля и изложены в одной резолюции. Кроме того, новая политика расширяет сферу своего охвата — от рассмотрения только обмена между НМГС до охвата Членов в целом, и, следовательно, всех организаций, участвующих в обмене, включая частный сектор и академические круги.

Как и в резолюции 40², в новой резолюции проводится различие между «базовыми данными», обмен которыми считается обязательным, и «рекомендуемыми данными», обмен которыми настоятельно рекомендуется. Однако, в отличие от резолюции 40, в новой резолюции используется модульный подход к спецификации того, что именно будет включено в эти две категории. Конкретные сведения о том, что считается «базовыми данными» и «рекомендуемыми данными», содержатся — или в некоторых случаях будут содержаться — в Техническом регламенте ВМО. Таким образом, появляющиеся изменения могут быть приняты путём внесения поправок в эти категории, а не требовать обновления самой резолюции о политике в отношении данных. Это значительно упрощает поддержку и обновление процесса осуществления по сравнению с тем, как это происходит в настоящее время.

Что касается ожидаемого воздействия, предлагаемое обновление политики в отношении данных будет стимулировать и укреплять международный обмен наблюдениями из всех частей земного шара. Увеличение числа наблюдений, обмен которыми ведётся на международном уровне, для использования в глобальных и региональных моделях численного прогнозирования погоды (ЧПП) поможет значительно улучшить качество этой информационной продукции. Это улучшение будет ощущаться повсюду на земном шаре, но особенно оно будет заметно в тех областях, где нынешний охват данными наблюдений недостаточен, что имеет место во многих развивающихся странах. В свою очередь политика в отношении данных будет способствовать предоставлению бесплатного и неограниченного доступа к гораздо более широкому спектру продукции на основе данных моделирования системы Земля для всех Членов, что поможет им усовершенствовать и расширить спектр видов обслуживания, предоставляемых заинтересованным сторонам.

Доступ к дополнительным данным, выходящим за рамки традиционной сферы метеорологических наблюдений, будет иметь критически важное значение для дальнейшего развития и ввода в

действие систем сопряжённого моделирования, используемых в рамках комплексного подхода к системе Земля. В ближайшие десятилетия эти системы, охватывающие временные масштабы от краткосрочного прогнозирования погоды до долгосрочного предсказания и проекций климата, должны будут работать с компонентами с использованием всё более высокого разрешения и включать в себя подробные характеристики поверхности земли, которые позволят обеспечить уровень детализации по конкретным местам, необходимый пользователям. Земная система, как она определяется деятельностью ВМО, вероятно, включит в свою сферу охвата ещё больше компонентов. В этой связи мы можем увидеть появление сопряжённых биогеохимических систем для поддержки первичной продуктивности, прогнозирования цветения воды, поглощения углерода, управления рыболовством и т.д. Ниже перечислены примеры недавно возникших или возникающих областей применения, которые опираются на различные уровни комплексных подходов к системе Земля. Это те области, которые получают пользу от Единой политики в отношении данных и окажут последующее влияние на её дальнейшее развитие посредством проведения регулярно повторяющихся обзоров.

Морской транспорт: современная система безопасности морской навигации. Разные страны работают над тем, чтобы мореплаватели получали более качественную навигационную информацию. Эти страны полны решимости разработать и обеспечить надёжное функционирование системы с использованием решений на основе динамических моделей океана для предоставления запланированных электронных навигационных и гидрографических решений для мореплавателей и штурманов. Такие совместные усилия метеорологических, океанографических и гидрографических служб разных стран направлены на предоставление оперативных решений с использованием возможностей бесшовного моделирования. Этот подход позволит обеспечить безопасную и эффективную работу секторов торгового судоходства и морских перевозок путём содействия применению экосистемного подхода к управлению деятельностью человека..

Безопасность и чрезвычайные ситуации. В области квалификации ядерных событий необходимо улучшить обмен данными в режиме реального времени, вычислительные мощности, машинное обучение и искусственный интеллект, связанные с ансамблевым анализом метеорологических данных, а также других типов данных. Это потребует дальнейшего повышения точности прогнозирования погоды и моделирования атмосферного переноса, а также характеристики связанных с этим неопределённостей. Также необходима дополнительная работа по дальнейшему развитию и интеграции моделирования химии атмосферы в моделирование атмосферного переноса. Такая модернизация позволит улучшить глобальный потенциал для идентификации ядерных событий, реконструкции характеристик выбросов и прогнозного моделирования последствий радиологических или других техногенных выбросов для здоровья.

2 Термин «базовые данные» заменяет термин «основные данные», используемый в резолюции 40, и сходным образом термин «рекомендуемые данные» заменяет термин резолюции 40 «дополнительные данные».

Изменение климата: использование научных инноваций для решения проблемы последствий загрязнения воздуха и изменения климата для здоровья. Исследования показали, что многочисленные источники данных могут быть включены в модели качества воздуха для повышения их детализации и точности. Бурное развитие методов ввода и анализа данных может расширить диапазон входных данных модели. В то же время технология глубокого обучения и другие методологии обладают потенциалом для улучшения понимания основополагающих взаимосвязей и повышения прогностической способности как для ежедневного прогнозирования, так и для долгосрочных предсказаний. Расширение возможностей в области моделирования будет использовано для укрепления научных знаний, лежащих в основе принятия регламентационных решений, и для отслеживания пользы для здоровья от применения рыночных инструментов, таких как установление тарифов за выбросы углерода. Будут разработаны инструменты для оказания помощи местным должностным лицам системы здравоохранения в прогнозировании и решении проблем, связанных с окружающей средой.

Развитие земель и ресурсов: поддержка устойчивого развития земель и ресурсов с помощью готовых для анализа данных. Рынки зависят от устойчивого развития земель и ресурсов. Существует постоянная необходимость в мониторинге и оценке динамических изменений в местном, региональном и глобальном наземном ландшафте. Экосистемный подход к управлению окружающей средой направлен на поддержание способности всей системы производить экологические товары и услуги. Он начинается с мониторинга и управления, например, водными ресурсами, качеством воздуха и воды и генетическими ресурсами, которые поддерживают глобальную экономику, безопасность, здоровье и благосостояние. Чтобы применить экосистемный подход для успешной оценки состояния и тенденций изменения ландшафта Земли, требуется прочная основа в виде данных и вычислительной инфраструктуры. Появляющиеся возможности будут способствовать анализу кумулятивных воздействий, что позволит предоставить конкретные виды обслуживания, а также информацию для экологического регулирования и разработки политики.

Сельское хозяйство: своевременная информация о погоде и климате для мониторинга засухи и управления агроклиматическими рисками. Некоторые страны ввели в действие службы наблюдения за агрометеорологическими условиями в целях предупреждения об опасности засухи, которые используют различные наблюдения за Землёй и другие данные для предоставления своевременной информации и карт по погодным и климатическим параметрам, которые особенно актуальны для их национальных сельскохозяйственных секторов. Ресурсное и экологическое сельское хозяйство требуют различных видов метеорологического и гидрометеорологического обслуживания в зависимости от конкретной культуры, фазы её роста или типа и текущего состояния почвы. Обработка почвы, орошение, посев, сбор урожая или эффективное применение удобрений и пестицидов с учётом ограничения, связанного с необходимостью защиты грунтовых вод, очень сильно зависит от погоды. Карты влажности почвы — один из

примеров продукции, созданной с использованием геофизических данных. Такая продукция позволяет фермерам видеть, где условия более влажные или более сухие, чем обычно, что обеспечивает устойчивость перед лицом меняющегося климата.

Здоровье: науки, связанные с наблюдениями за Землёй, и впервые и повторно возникающие инфекционные заболевания. Инфекционные заболевания возникают впервые и повторно под влиянием таких ключевых факторов, как окружающая среда, климат, демография, социально-экономические изменения и изменения в поведении человека. Эти заболевания являются проблемой для общественного здравоохранения на местном и глобальном уровнях. Расширяя обмен наблюдениями за окружающей средой и понимая, как указанные факторы влияют на возникновение заболеваний, должностные лица могут предсказать, когда, как и где возникнут заболевания, а также определить подверженные риску и наиболее уязвимые группы населения. Ожидается, что изменение климата усугубит риски, связанные с трансмиссивными заболеваниями (ТМЗ), способствуя распространению животных-хозяев, болезнетворных организмов, переносчиков и ТМЗ, а также выходу экзотических переносчиков и передаваемых ими заболеваний (лихорадка Денге, вирус Зика, вирус Чикунгунья, жёлтая лихорадка) за пределы их исторических ареалов. Ожидается, что изменение климата также усилит повторное возникновение (т. е. вспышки) ТМЗ, которые для некоторых стран и субконтинентальных районов уже являются эндемическими заболеваниями.

Постоянное совершенствование обслуживания в области мониторинга и прогнозирования погоды, климата и соответствующих компонентов системы Земля, которое наблюдалось в мире в течение последних 70 лет, связано с совершенствованием науки, технологий и обменом в режиме реального времени более разнообразными источниками наблюдений. Мы живём во времена всё более совершенных технологий, и темпы инноваций ускоряются. Мы завалены данными наблюдений за Землёй. Социальные сети обеспечивают доступ к контекстной информации и беспрецедентным механизмам её распространения. Высокопроизводительные вычислительные платформы позволяют нам решать ранее неразрешимые проблемы.

То, что объединение данных о погоде, водных ресурсах и климате, технологий больших данных и бизнес-приложений станет доминирующей тенденцией — это лишь вопрос времени. Это изменит отношение людей и бизнеса к данным о погоде и водных ресурсах и позволит на себе испытать их многократно усиливающееся влияние на улучшение жизни и принятие бизнес-решений с учётом погоды. Такое развитие ситуации, вероятно, заставит многих Членов ВМО пересмотреть свою политику в отношении данных и стратегии партнёрства на национальном уровне, что окажет глубокое влияние на глобальную метеорологическую отрасль. Новая единая политика ВМО в отношении данных призвана помочь Членам ВМО адаптироваться к этим изменениям и продолжать и в будущем предоставлять своим клиентам максимально эффективное обслуживание во всех дисциплинах и областях деятельности ВМО.

Инициатива ВМО в отношении данных и более широкая повестка дня [ООН] в области данных

Мишель Жан (Канада), президент Комиссии ВМО по наблюдениям, инфраструктуре и информационным системам и почётный сотрудник Метеорологической службы Канады Министерства окружающей среды и изменения климата Канады; Сью Баррелл, председатель исследовательской группы по вопросам и политике в области данных Комиссии ВМО по наблюдениям, инфраструктуре и информационным системам; Энтони Ри, директор Департамента инфраструктур, Секретариат ВМО

С момента своего создания ВМО является лидером в оказании содействия глобальному обмену и использованию данных. Обмен данными лежит в основе Конвенции ВМО, определяя основную миссию и цель организации. Свободный и открытый обмен метеорологическими наблюдениями начался в 1873 году с создания Международной метеорологической организации, предшественницы ВМО (см. [статья 1](#)). Однако в сегодняшнем быстро меняющемся мире ВМО рискует утратить своё преимущество в области обмена данными, и необходимо срочно изменить подход, чтобы не допустить отставания своих Членов.

В последние десятилетия во всём мире осознали ценность данных, что вызвало всплеск энтузиазма во всех секторах в отношении сбора, анализа и, зачастую, монетизации данных. Тем временем ВМО продолжает работать со своими Членами с целью обеспечения и увеличения объёма данных, доступных для международного сообщества, но, надо сказать, не такими темпами, как весь остальной мир.

Среди Членов также возникали вопросы, касающиеся данных. Некоторые НМГС, испытывающие финансовые трудности или признающие, что метеорологические и климатические данные имеют цену, присоединились к движению за монетизацию данных и выходных результатов моделей, предлагая на продажу производную продукцию, а в некоторых случаях — и сами данные наблюдений. Это может стать источником напряжённости между Членами Организации, построенной на основе принципа свободного и неограниченного обмена данными. Авторы утверждают, что реальная ценность данных, которыми располагают Члены, — это ценность на этапе конечного потребления, которая создаётся благодаря предоставлению продукции анализа и прогноза, а также обслуживания с учётом воздействий для содействия лицам, принимающим решения. Обеспечение доступности данных, с точки зрения правительства, увеличивает общественную и экономическую ценность, создаваемую на этапе конечного потребления. Хорошим примером является открытие правительством США архива Landsat,

который в 2011 году принёс только американским пользователям экономическую выгоду в размере 1,7 млрд долларов США¹.

Сегодня сосредоточение внимания во всём мире на поставщиках данных предоставляет ряд возможностей для ВМО и её Членов. Доступ к данным был открыт благодаря быстрому технологическому развитию, а также были признаны общественные и экономические выгоды от открытого обмена данными. В данной статье указанные изменения рассматриваются с точки зрения отношений ВМО с глобальными технологическими компаниями и потенциальных последствий для Членов ВМО. В ней также рассматривается новая Единая политика ВМО в отношении данных в контексте глобальной повестки дня в области данных и стратегии Генерального секретаря ООН в области данных.

Политика ВМО в области данных и стратегия Генерального секретаря ООН в области данных

Как специализированное учреждение, ВМО является частью системы Организации Объединённых Наций (ООН), которая также занимается вопросами глобальной повестки дня в области данных. Генеральный секретарь ООН играет ведущую роль на самом высоком уровне в определении стратегических рамок для более эффективного использования данных, следуя подходам, которые полностью основаны на ценностях ООН, таких как права человека. Стратегия Генерального секретаря ООН в области данных на 2020–2022 годы² — это «стратегия действий с данными, в которой могут участвовать все и повсюду в семье ООН, — для понимания, отдачи и добросовестности». Это повестка дня ООН по преобразованию на основе

1 Zhe Zhu et al., Benefits of the free and open Landsat data policy, Remote Sensing of Environment, Volume 224, 2019, Pages 382–385, ISSN 0034-4257, <https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.02.016>.

2 UN Secretary-General's Data Strategy 2020–22.

данных, направленная на создание возможностей в области данных, цифровых технологий и инноваций, которые необходимы ООН для достижения успеха в XXI веке. Данные актуальны для всех аспектов работы, проводимой в рамках системы ООН. Потенциал данных, используемый со всей ответственностью, имеет решающее значение для глобальных повесток дня, реализации которых содействуют данные. Стратегия ООН в области данных направлена на оптимальное использование влияния, опыта и связей семьи ООН для создания уникальных возможностей с целью содействия глобальным «действиям с данными» с пониманием, отдачей и добросовестностью.

Начиная с концепции организации, опирающейся в своей деятельности на данные, стратегия строится на основе трёх главных элементов:

1. **Разработка стратегических основ** — Создавая экосистему данных ООН в масштабе всей Организации, которая максимально повышает ценность данных, ООН стремится в полной мере раскрыть их потенциал. Она стремится принимать более эффективные решения и оказывать более мощную поддержку людям и планете в моменты, которые имеют наибольшее значение.
2. **Создание стоимости с помощью данных и концентрация внимания на приоритетах** — Этот компонент основан на обеспечении вариантов использования, демонстрирующих получение добавленной стоимости для заинтересованных сторон в соответствии с приоритетами ООН, которые включают Цели устойчивого развития (ЦУР), действия по борьбе с изменением климата и гендерное равенство — всё это имеет отношение к ВМО.

3. **Содействие использованию способствующих факторов, развитие возможностей и итеративных процессов** — Это предполагает применение подхода «обучение на практике» для содействия использованию активных способствующих факторов (люди и культура, управление данными и надзор за осуществлением стратегии, партнёрства, технологическая среда) и создания новых возможностей итеративным и гибким способом. Особое внимание будет уделено аналитике (что произошло, почему это произошло, что может произойти дальше и как реагировать) и управлению данными (чтобы каждый мог обнаружить, получить доступ, интегрировать и поделиться данными, необходимыми для выполнения наших обязанностей перед организацией, людьми и планетой).

Стратегия признаёт необходимость налаживания партнёрских отношений, которые позволят лучше взаимодействовать с глобальными экосистемами данных. Отмечается тесная взаимосвязь с Политикой ВМО в отношении данных, предусматривая свободный и открытый обмен данными.

В стратегии ООН в области данных признаётся, что организация находится в начале долгого пути, что потребует некоторое время, прежде чем её возможности, связанные с данными, будут реально преобразованы во всей системе ООН. ВМО, уже создавшая основу для открытого обмена данными, находится на том же пути, но на другом этапе. Тем не менее она сталкивается с рядом тех же самых проблем. В случае с ВМО расширение сотрудничества и партнёрства в области данных открывает возможности для Организации и её Членов играть более значительную роль в решении глобальных



Рисунок 1. Модель Стратегии Генерального секретаря ООН в области данных (Источник: <https://www.un.org/en/desa/products/publications>)

проблем и предоставлять более качественное обслуживание с учётом воздействий в своих странах.

Стратегический план ВМО на 2020–2023 годы ориентирован на комплексный и всеобъемлющий подход к земным системам, сердцевиной которого являются данные. Эта основная цель поддерживается с помощью передовых и развивающихся возможностей Интегрированной глобальной системы наблюдений ВМО (ИГСНВ), Информационной системы ВМО (ИСВ) 2.0 и бесшовной Глобальной системы обработки данных и прогнозирования (ГСОДП). ВМО также осознала необходимость расширения возможностей для сотрудничества и партнёрства.

В рамках системы ООН ВМО поддерживает прочные отношения сотрудничества со многими организациями, специализированными учреждениями и программами. Межправительственная океанографическая комиссия (МОК) ЮНЕСКО является ключевым соратником и партнёром, который проводит свою собственную политику в отношении данных в соответствии с политикой ВМО. ВМО также налаживает тесное сотрудничество в области исследований и обслуживания со Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ), имея потенциальные возможности в рамках Единой политики ВМО в отношении данных для дальнейшего развития обмена данными между двумя организациями по мере выявления и приоритизации новых требований к обслуживанию.

ВМО работает со своими партнёрами с целью объединения метеорологических, климатологических, гидрологических и экологических данных с демографическими, медицинскими и другими данными учреждений-партнёров ООН. Это позволит улучшить рекомендации для лиц, принимающих решения, и рассмотреть стратегические приоритеты более широкой повестки дня в отношении данных в рамках ООН.

Шаг к расширению, пересмотру и подтверждению своей политики в отношении данных посредством разработки Единой политики в отношении данных мотивирован тем, что необходимо ВМО для решения глобальных задач и содействия выполнению Членами своих мандатов. Эти цели согласуются с амбициозными устремлениями Стратегии ГС ООН в области данных.

Единая политика в отношении данных отражает то, что международный обмен данными в рамках ВМО и с её внешними партнёрами поддерживает различные глобальные повестки дня. Данные и обслуживание в области погоды, климата, водных ресурсов и соответствующих компонентов окружающей среды имеют важное значение для реализации ЦУР, Парижского соглашения в рамках Рамочной конвенции ООН об изменении климата (РКИК ООН) и Сендайской декларации и Рамочной программы по снижению риска бедствий на 2015–2030 годы.

Политика ВМО в отношении данных и глобальная повестка дня в области данных

Часто говорят, что мы живём в мире, движимом данными. Алгоритмы, созданные на основе данных, обеспечивают ввод информации для новостных циклов, подбор фильмов для просмотра, курирование социальных сетей и выбор рекламы, которую мы видим. Хотя ВМО и является исторически лидером в области свободного и открытого обмена данными, справедливо отметить, что глобальная дискуссия по данным быстро продвигается вперёд, содействуя в рамках этого продвижения созданию новых технологий, терминологии и инструментов и позволяя догонять и обгонять ВМО. Хотя ВМО и продолжает работать со своими Членами над обеспечением возможностей для увеличения объёма данных, доступных международному сообществу, она в этой области больше не впереди остального мира и не продвигается теми же темпами, что и остальной мир.

С другой стороны, механизм ВМО должен быть стабильным и надёжным по трём причинам. Во-первых, необходимо внимательно контролировать и отслеживать последствия любых изменений в технологии и практике наблюдений для мониторинга долгосрочных тенденций, касающихся климата. В этой связи наблюдается тенденция к консерватизму, которая повлияла на многие аспекты получения, управления и обмена данными. Во-вторых, технические правила и резолюции ВМО принимаются и выполняются на основе консенсуса, и ВМО может быть в определённой степени ограничена возможностями и способностью своих Членов осуществлять изменения. В-третьих, для принятия быстрых и эффективных решений по спасению жизни, таких как решения по выпуску адресных предупреждений для подготовки сообществ, когда им угрожают явления суровой погоды, крайне важно иметь достоверные данные для поддержки моделей и предоставления обслуживания.

Глобальный ландшафт данных и технологические гиганты

Политика в отношении данных и обмен данными между Членами осуществляется с помощью технологий, а рост объёма данных, используемых как товар, обеспечил возможности на основе согласованных усилий для колоссальных достижений — от облачных вычислений до искусственного интеллекта. Системы обработки данных общедоступны до такой степени, что ими может пользоваться практически любой человек, имеющий подключение к Интернету. Эти технологические инновации в какой-то степени привели к дестабилизации традиционных рынков, появлению новых коммерческих возможностей и множества новых предприятий, как больших, так и малых. Среди них есть явные лидеры рынка, которые

Таблица 1. Доли на мировом рынке компаний, предоставляющих общедоступный облачный сервис «инфраструктура как услуга», 2019–2020 гг. (млн дол. США)

Компания	2020 г. Поступления	2020 г. Доля на рынке, %	2019 г. Поступления	2020 г. Доля на рынке, %	2019–2020 гг. Рост, %
Amazon	26 201	40,8	20 365	44,6	28,7
Microsoft	12 658	19,7	7 950	17,4	59,2
Alibaba	6 117	9,5	4 004	8,8	52,8
Google	3 932	6,1	2 367	5,2	66,1
Huawei	2 672	4,2	882	1,9	202,8
Прочие	12 706	19,8	10 115	22,1	25,6
Всего	64 286	100,0	45 684	100,0	40,7

(Источник: Gartner (июнь 2021 г.))

доминируют в отрасли и обеспечивают большую часть сегмента «инфраструктура как услуга».

Amazon является лидером рынка облачных решений, за ней следует Microsoft, затем — Alibaba и Google (Alphabet) (таблица 1). Apple и Facebook доминируют в своих сегментах, но в настоящее время не являются значимыми игроками на рынке облачных вычислительных услуг. IBM также занимает сильные позиции на рынке, но больше как поставщик аппаратного обеспечения и сервисов, таких как сервисы, предоставляемые Weather Company, которая является дочерней компанией IBM.

Социальные сети и поисковые системы Интернета играют важную роль в предоставлении и распространении информации о погоде. Согласно последним данным, в июле 2021 года в мире насчитывалось 4,48 млрд пользователей социальных сетей, что составляет около 57 % всего населения. Почти 93 % всего веб-трафика проходит через поисковые системы, а более четырёх из пяти пользователей Интернета получают новости через социальные сети.

Эта тенденция только усиливается. В 2020 году Facebook стал регулярным источником новостей примерно для трети американцев. Согласно одному исследованию, почти 65 % поисковых запросов в Google заканчиваются без перехода на другой сайт — по сравнению с 50 % в июне 2019 года. Заявление о перспективном видении Google гласит: «Обеспечить доступ к мировой информации одним нажатием на клавишу», а результаты часто предоставляются в виде предиктивного поиска, то есть информация выдаётся до того, как пользователи отправляют поисковый запрос. Например, если после ввода буквы «w» нажать «weather» (погода), Google предоставит для местоположения пользователя большое количество данных в верхней части представленных результатов: текущие условия (температура, осадки и ветер). Многие пользователи, несомненно, находят то, что им нужно, без необходимости переходить к источнику данных — weather.com или на сайт местного НМГС, который может находиться в нижней части перечня результатов.

Согласно отчёту [Международной корпорации данных](#) (МКД), среди ведущих поставщиков общедоступного облачного сервиса «инфраструктура как услуга» наблюдается важный стратегический сдвиг в направлении разработки ряда вариантов развёртывания специализированных и гибридных облачных сервисов для удовлетворения спроса предприятий на высокопроизводительные и распределённые облачные решения. Рынок общедоступного облачного сервиса «инфраструктура как услуга» продемонстрировал огромный рост в 2020 году, увеличившись на 34 % и достигнув 65,5 млрд долларов США.

Поскольку на рынке доминируют такие крупные игроки, обеспечивающие эффект масштаба, НМГС нерентабельно пытаться «действовать в одиночку», например в сфере облачных вычислений. Хотя и существуют планы по созданию [Европейского метеорологического облака](#), поддерживаемого ЕЦСПП, ЕВМЕТСАТ и НМГС их государств-членов, для большинства Членов ВМО это недоступно. Аналогичным образом в сфере распространения информации невозможно конкурировать с крупными игроками в плане охвата и доминирования на рынке.

Серьёзный вызов, касающийся данных

Глобальный механизм погоды³ ежедневно производит огромные объёмы данных. С каждым увеличением вычислительной мощности увеличивается пространственное и вертикальное разрешение модели, что приводит к повышению эффективности и огромному увеличению объёма данных. Например, ЕЦСПП ежедневно производит 120 терабайт (ТБ) необработанных данных о погоде и 30 ТБ продукции, определяемой пользователем, что эквивалентно ёмкости внешнего жёсткого диска, вмещающего 144 ТБ, или петабайту (ПБ) в неделю⁴.

3 The Weather Machine: A journey inside the forecast, A Blum – 2019 – HarperCollins.

4 <https://meetingorganizer.copernicus.org/EGU2020/EGU2020-15048.html>.

Что касается доставки данных пользователям, то средний объём передачи данных, обрабатываемых в Хранилище данных ЕЦСПП (ХД-ЕЦСПП), приближается к одному ПБ в месяц. Прогностическая продукция ЕЦСПП направляется в 547 мест в 78 странах, а данные наблюдений поступают из 557 мест в 34 страны.

Большой объём данных создаёт проблему. Перемещать целые комплекты данных по Интернету нецелесообразно. Для многих Членов ВМО эта проблема усугубляется ограничениями в их собственных системах хранения и обработки данных, а также во многих случаях — медленным и, возможно, ненадёжным Интернет-соединением. Увеличение мощности вычислительных систем и стремление многих НМГС к получению продукции с более высоким разрешением ещё больше усугубит эту проблему.

Глобальный характер как погоды, так и технологического сектора порождает ещё одну проблему. Разработчики технологий, таких как мобильная телефония и умные часы, могут пожелать включить информацию о погоде в свою продукцию. Простым примером могут служить «активные» умные часы, которые отслеживают физические нагрузки, предоставляют информацию о погоде своему пользователю и интегрируют информацию о погоде для расчёта уровня нагрузки пользователя или других производных данных. В этом случае отдельный погодный интерфейс для каждой страны или территории разрабатываться не будет, вместо этого разработчик будет искать согласованный на глобальном уровне источник данных, к которому можно будет обращаться стандартным образом. Самым простым методом доставки данных является использование интерфейса прикладных программ (ИПП), который предоставляет данные, необходимые для удовлетворения потребностей пользователя, посредством простого запроса. Например, ИПП может предоставить информацию о текущих условиях или прогноз погоды для определённого места.

Действующей глобальной платформы, предоставляющей информацию в реальном времени и прогностическую информацию от отдельных НМГС, не существует. Кроме того, для разработчиков было бы нецелесообразно сводить воедино данные с отдельных веб-сайтов НМГС, которые не единообразны по формату и способу предоставления. Простое решение для разработчиков заключается в том, чтобы обратиться к единому глобальному источнику информации, такому как The Weather Company. Разработчики, которым нужна более подробная информация, могут найти данные, например, в свободно доступной продукции Национального управления по исследованию океанов и атмосферы (НУОА). Однако при этом могут возникнуть неудобства в плане простоты использования, поскольку файлы представлены в научных форматах и некоторые из них очень большие.

Это создаёт проблему для НМГС. Несмотря на то, что они часто являются владельцами наиболее точной продукции и данных, относящихся к их территории, они просто слишком малы, чтобы разрабатывать

собственные приложения, при этом разработчики приложений также могут быть слишком малы, чтобы работать с НМГС по отдельности, особенно когда рынки являются глобальными. Как же тогда отдельно взятой НМГС донести свою информацию до пользователей без создания собственного приложения?

Использование всех возможностей

Эволюция феномена глобальных данных и рост влияния технологических гигантов создают возможности для ВМО и её Членов. Часть решения проблем может быть связана с крупными компаниями, которые слишком велики, чтобы не обращать на них внимания, и обладают техническими возможностями, которые могут принести пользу Членам ВМО.

Стало ясно, что ВМО и её Члены могут получить прямую выгоду от использования имеющихся возможностей. Одним из примеров может быть признание важной роли технологических гигантов в обеспечении базовых технологий для обмена данными и эффективного распространения информации и обслуживания для принятия обоснованных решений.

Вероятно, ещё более убедительные возможности предлагаются на глобальном уровне в целях обеспечения эффективности и результативности с опорой на стабильность, надёжность и доверие, которые так важны для выполнения обязательств Членов по предоставлению обслуживания на национальном уровне. Например, НМГС могут быть потребителями облачных сервисов для вычислений и хранения данных, но здесь также есть возможность создать пространство для совместной работы, где НМГС могут совместно работать с большими комплектами данных. Очевидно, что необходимо активное взаимодействие с технологическими гигантами, и, несмотря на необходимость привлечения отдельных НМГС, взаимодействие будет усилено, а все преимущества будут реализованы только посредством координации на глобальном уровне.

Аналогичным образом, растущая роль данных в международной политике означает, что для ВМО настало время воспользоваться преимуществами более тесного сотрудничества и партнёрства в рамках ООН. Более широкая стратегия в области данных рамках ООН соответствует Политике ВМО в отношении данных и поддерживает свободный и неограниченный обмен данными в рамках этой Политики. Увеличение доступности вспомогательных данных, таких как данные о последствиях стихийных бедствий, информация о здоровье и других данных, хранящихся в учреждениях ООН, расширяет возможности Членов ВМО по предоставлению обслуживания с учётом воздействий путём объединения метеорологических, климатологических, гидрологических и экологических данных с этими комплектами вспомогательных данных. В то же время ВМО играет важную роль в предоставлении данных для поддержки более широких повесток дня ООН — от снижения риска бедствий и изменения климата до устойчивого управления океанами и глобального здравоохранения.

Модернизация обмена данными для мониторинга и прогнозирования системы Земля

Реми Жиро, Метео-Франс; Джереми Тэнди, Метеорологическое бюро Соединённого Королевства; Джон Эйр, Метеорологическое бюро Соединённого Королевства; Тобиас Спирс, Департамент рыболовства и океанов Канады; Том Кралидис, Метеорологическая служба Канады; Роберт А Варли, Соединённое Королевство; Энрико Фучиле, Секретариат ВМО

Национальные метеорологические и гидрологические службы (НМГС) играют важнейшую роль в условиях, когда человечество сталкивается с растущими рисками, связанными с экстремальными погодными и климатическими явлениями (МГЭИК, 2021¹). Информация о климате и погоде и системы заблаговременных предупреждений позволяют своевременно и эффективно принимать решения для защиты жизни и источников средств к существованию, поддерживая глобальные усилия по сокращению масштабов нищеты, бедности, и содействовать всеобщему процветанию (WMO et al., 2015²).

Работа каждой НМГС основывается на данных наблюдений и результатах обработки данных, обмен которыми свободно осуществляется в реальном времени в соответствии с принципами Всемирной службы погоды (ВМО, 1995³). Бывший президент ВМО Джон Зиллман назвал Всемирную службу погоды «самой успешной в полной мере международной системой, которая была разработана для устойчивого глобального сотрудничества ради общего блага в науке или в любой другой области» (Zillman, 2018⁴).

Однако во многих странах наблюдается значительный разрыв между сегодняшней эффективностью сети наблюдений и потребностями глобальных систем прогнозирования, от которых зависят практически все виды обслуживания, связанного

с погодой и климатом (Alliance for Hydromet Development, 2021⁵).

В первой статье этого номера Бюллетеня рассказывается об истории сотрудничества между Членами ВМО в области осуществления наблюдений и обмена ими в поддержку прогнозирования погоды и мониторинга климата. В этой статье рассматривается инфраструктура и технологии, поддерживающие глобальный обмен данными ВМО — от её возникновения более 50 лет назад до сегодняшнего дня. Далее обсуждаются перспективы относительно того, как интернет-технологии могут устранить разрыв в части потенциала и открыть новые возможности для того, чтобы сделать глобальные данные более надёжными, более доступными и более пригодными для использования в поддержку формирования глобальной устойчивости.

Обмен данными для мониторинга и прогнозирования системы Земля

Применения прогнозирования погоды охватывают широкий диапазон временных масштабов: от наукастинга и сверхкраткосрочного прогнозирования до краткосрочных и среднесрочных прогнозов и до месячных, сезонных и долгосрочных прогнозов. Поскольку системы прогнозирования, поддерживающие эти применения, становятся всё более сложными, они всё больше полагаются на наблюдения за всеми компонентами системы Земля, с которыми связана атмосфера: океаном, криосферой и поверхностью суши. Более того, требуются наблюдения за всё большим числом геофизических переменных со всё большим пространственным и временным разрешением.

В последние годы космические агентства во всём мире вносят ключевой вклад в поддержку этой деятельности. На всё большем количестве спутников устанавливаются всё более совершенные приборы, предоставляющие информацию о дополнительных геофизических переменных.

1 МГЭИК (2021 г.). Шестой оценочный доклад, Рабочая группа 1 – Физическая научная основа.

2 ВМО, Всемирный банк, ГФУОБФ, ЮСАИД (2012 г.). Оценивая погоду и климат: экономическая оценка метеорологического и гидрологического обслуживания. ВМО, Всемирный банк, Глобальный фонд уменьшения опасности бедствий и восстановления, Агентство Соединённых Штатов по международному развитию ВМО-№ 1153, Женева, Швейцария.

3 ВМО (1995 г.) Политика и практика ВМО в области обмена метеорологическими данными и связанными с ними данными и продукцией, включая Руководящие принципы отношений в коммерческой метеорологической деятельности. Резолюция 40, Двенадцатый Всемирный метеорологический конгресс.

4 Zillman, J.W. (2018). International Cooperation in Meteorology, Part 2: The Golden Years and their Legacy. Weather, 73 (11), 341–347.

5 Alliance for Hydromet Development (2021). [Hydromet Gap Report](#).

Однако НМГС не всегда могут получить доступ к полному набору данных наблюдений, предоставляемых этими космическими системами, которые можно было бы использовать; приходится идти на компромиссы, чтобы уменьшить объем передаваемых им данных.

Для наземных наблюдений необходимо решить множество вопросов, связанных с созданием и обслуживанием самих систем наблюдений. Но даже когда эти вопросы решены, могут возникнуть дополнительные проблемы при попытке своевременно и эффективно донести результаты наблюдений до пользователей. Эти проблемы могут касаться нескольких аспектов:

- политика в отношении данных (см. [статью 2](#));
- национальная и международная телекоммуникационная инфраструктура;
- метаданные — информация, сопровождающая результаты наблюдения и позволяющая пользователям интерпретировать их;
- конкретные усовершенствования для поддержки меняющихся потребностей пользователей, таких как переход к использованию данных радиозондирования с высоким разрешением;
- активный рост объемов данных, особенно связанных с наземным дистанционным зондированием, например с зондированием с помощью метеорологических радиолокаторов.

Кроме того, в то время как обмен данными в первые годы существования ВМО (см. [статью 1](#)) в основном был сконцентрирован на обмене данными наблюдений, с годами возникла растущая потребность в обмене другими видами метеорологических

данных и продукции. Эти дополнительные типы данных в настоящее время обуславливают определенные потребности в совершенствовании технологии коммуникации. Что касается объемов данных, то основные проблемы возникают в связи с потребностью в обмене выходными результатами численного прогнозирования погоды (ЧПП) или в более общем смысле — выходными результатами моделей системы Земля, а также в связи с увеличением разрешения этих моделей и, соответственно, объемов данных, полученных в результате моделирования.

В оставшейся части этой статьи мы описываем i) развитие существующих сетей обмена данными ВМО; ii) то, что уже делается для решения нерешенных проблем обмена данными; iii) то, что планируется; iv) то, как всё сообщество ВМО будет участвовать в улучшении обмена данными, от которых все зависят.

Краткая история ГСТ, ИСВ и их недостатки

В 1971 году Шестой Всемирный метеорологический конгресс утвердил Наставление по Глобальной системе телесвязи (ГСТ) и тем самым дал старт оперативному функционированию системы. В Наставлении ГСТ определяется как «Скоординированная глобальная система средств и механизмов телесвязи для быстрого сбора, обмена и распространения данных наблюдений и обработанной информации в рамках Всемирной службы погоды (ВМО-№ 49).

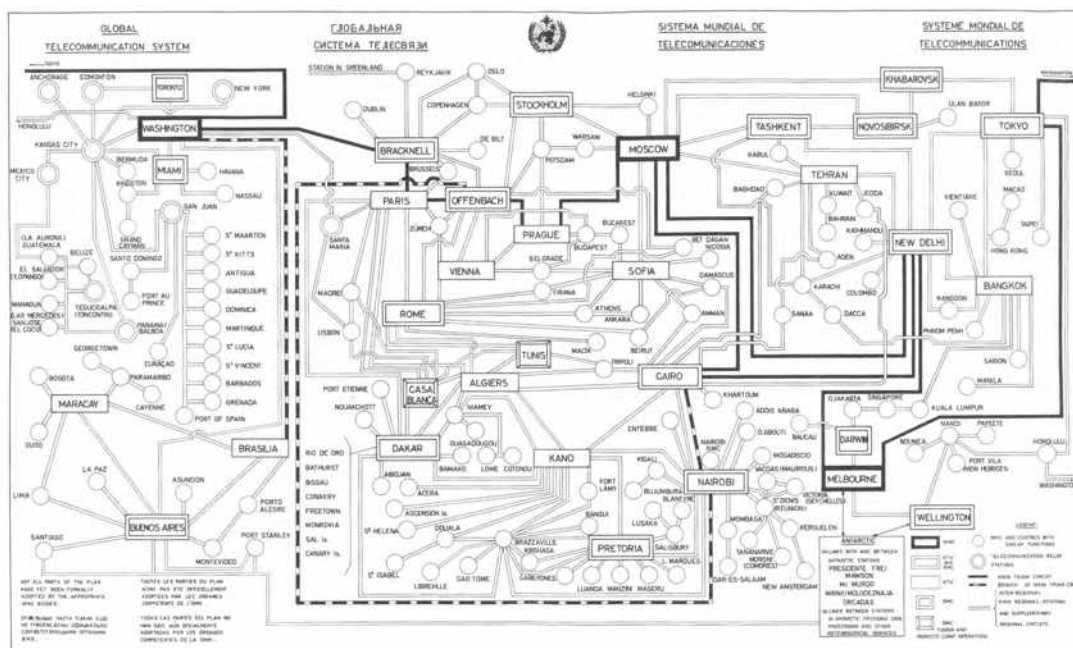


Рисунок 1. ГСТ, как она была определена ВМО в 1969 году, и остающаяся «практически актуальной» даже сегодня.

В течение последних пятидесяти лет ГСТ поддерживала непрерывный обмен основными данными в режиме реального времени, предоставляя данные наблюдений центрам Глобальной системы обработки данных и прогнозирования и распространяя обработанную информацию в НМГС. Несмотря на определённую эволюцию технологий, используемых для обмена данными, ГСТ сохранила свои основные технические основы неизменными. Появление глобальной, всё более высокоскоростной широкополосной связи посредством Интернета открывает новые возможности для будущего развития ГСТ.

Одним из примеров архитектуры ГСТ является так называемый механизм «передачи с промежуточным хранением»: сообщение, полученное каким-либо центром, сохраняется и пересылается «следующему» центру в рамках сложной топологии, показанной на рисунке 1. Этот механизм, созданный ещё до появления Интернета, опирается на использование частных сетей для обеспечения высокой доступности соединений между НМГС. Однако сегодня переход к использованию Интернета может обеспечить аналогичный уровень устойчивости при меньших затратах.

Другим примером является использование идентификаторов, называемых «заголовками ГСТ», для маршрутизации данных через сложную сеть, показанную на рисунке 1. Эти заголовки, составленные на основе групп из шести букв, статически присваиваются бюллетеням; при этом в каждом центре передачи ведутся «таблицы маршрутизации» для направления сообщений по запланированному маршруту по сети. Хотя этот механизм успешно работал в течение последних пятидесяти лет, статический характер таблиц маршрутизации и относительно простой синтаксис идентификаторов ГСТ невозможно адаптировать к нынешнему бурному росту объёма и разнообразия данных. В настоящее время, с ростом потребности в разнородных данных, механизм маршрутизации является одним из самых серьёзных структурных ограничений ГСТ. Для преодоления этой проблемы необходимо фундаментальное перепроектирование системы.

Ещё одно ограничение ГСТ заключается в сложности топологии, которая требует определённого уровня координации между Членами ВМО, добиться которого иногда трудно по ряду технических и политических причин. Возможность радикального упрощения топологии обмена данными невозможно было предусмотреть в первые годы существования ГСТ. Сегодня, когда Интернет является основой глобального обмена данными и информацией, путь движения вперёд чётко очерчен и может помочь ВМО решить многие фундаментальные проблемы, связанные с архитектурой ГСТ.

Значительный шаг по совершенствованию системы и решению указанных проблем был инициирован Пятнадцатым Всемирным метеорологическим конгрессом в 2007 году. Шаг был вызван необходимостью обеспечить доступ к данным организациям, не имеющим прямого подключения к ГСТ. Это привело к разработке Информационной системы ВМО (ИСВ), которая должна была дополнить ГСТ. ИСВ предоставляет каталог с возможностью поиска и глобальный кэш для обеспечения дополнительных услуг по поиску, доступу и извлечению информации через веб-порталы, обслуживаемые 15 назначенными Глобальными центрами информационной системы (ГЦИС), каждый из которых управляется одним из Членов ВМО.

ИСВ также определила новые роли для центров ВМО во всём мире, признавая необходимость улучшения координации между Членами и содействуя обмену данными вне рамок Всемирной службы погоды. Однако ИСВ по-прежнему использует ГСТ в качестве базовой оперативной системы для обмена данными, подвергнув её лишь незначительным улучшениям и унаследовав тем самым большинство присущих ей ограничений.

Поиск данных и доступ к данным через ИСВ и ГСТ

Группы технических специалистов, специализирующихся на функционировании ГСТ, обеспечивают непрерывный сбор и предоставление данных для поддержки оперативной деятельности НМГС. Однако поиск данных и доступ к данным ГСТ требует специальных знаний, имеющихся только в ограниченном сообществе экспертов по ГСТ, преимущественно из НМГС, хорошо обеспеченных ресурсами. Это означает, что НМГС менее развитых Членов ВМО часто не имеют достаточного оборудования для доступа и использования этого ценного потока данных в режиме реального времени, при этом другие учреждения и широкая общественность полностью исключены.

Осуществление ИСВ, начавшееся в 2007 году, означало, что теперь пользователи по всему миру могут, в принципе, производить поиск и получать доступ к данным свободно или, запросив разрешение у их владельцев. Однако, несмотря на предоставление возможностей для публикации многих комплектов данных из ГСТ и других источников, ИСВ никогда полностью не выполняла свою первоначальную цель — обеспечить простой доступ к данным ВМО. Пользователи ИСВ сталкиваются с различными проблемами:

- сложный интерфейс портала не обеспечивает возможность для бесшовной работы пользователей;
- поиск выдаёт слишком много результатов;

- поиск выдаёт различные типы данных и продукции, что затрудняет пользователям возможности для более детального поиска;
- нерабочие ссылки делают данные недоступными;
- специализированные форматы данных ВМО при небольшом количестве доступных инструментов для обработки делают использование полученных данных проблематичным.

15 ГЦИС предоставляют различные веб-интерфейсы. Однако порталы ГЦИС оказались менее полезными, чем предполагалось первоначально, поскольку они создают слишком много препятствий для пользователей, не являющихся специалистами. В настоящее время каталог ИСВ содержит более 100 000 записей, внесённых несколькими сотнями организаций, из которых не все придерживаются единых стандартов описания. Сложность информации для каждой записи создаёт трудности в поддержании единообразного и эффективного каталога с содержательными, высококачественными метаданными. Это часто делает поиск неэффективным при использовании текущей модели каталога ИСВ. Поиск данных без помощи экспертов ГСТ может оказаться невыполнимой задачей. Таким образом, в конечном итоге каталог ИСВ оказался нацеленным не на ту аудиторию — первоначальное намерение предоставить возможность работы с ГСТ неспециалистам через поисковые порталы не увенчалось успехом. Кроме того, в настоящее время отсутствует возможность преобразования языка ГСТ и специфических для ВМО структур и форматов данных. Без такого преобразования данные не дойдут до предполагаемой широкой аудитории.

Растущее разнообразие и объём данных, используемых НМГС, делают текущие методологии обнаружения данных ИСВ и обеспечение доступа к ним не пригодными для мониторинга и прогнозирования системы Земля. Поэтому для будущего развития ИСВ срочно необходим полный разрыв с прошлым и значительный скачок вперёд в области технологий и архитектуры. Необходим новый подход для того, чтобы сделать данные доступными для всех НМГС, особенно для менее развитых стран, для внешних организаций, содействующих исследованиям и поддерживающих развитие программ ВМО, а также для растущего сообщества других потенциальных пользователей во всём мире.

ИСВ 2.0

В настоящее время ИСВ 2.0 разрабатывается и осуществляется для решения проблем текущих реализаций ИСВ и ГСТ, о которых говорилось выше, то есть с целью удовлетворения спроса на объём, разнообразие и скорость передачи данных. Благодаря этому ИСВ 2.0 сделает авторитетные данные о погоде, воде и климате как никогда актуальными для всех.



Рисунок 2. Концептуальное представление ИСВ 2.0

ИСВ 2.0 обеспечит беспрепятственную инфраструктуру, данные и услуги, что приведёт к простому и доступному обмену данными для всего сообщества ВМО и за его пределами. Однако достигнуть поставленных целей без усилий не получится. В основе ИСВ 2.0 лежат три фундаментальных элемента:

- упрощённый обмен данными;
- открытые стандарты;
- облачная инфраструктура.

Упрощённый обмен данными

ИСВ 2.0 отдаёт предпочтение телекоммуникационным сетям общего пользования, в отличие от частных сетей, используемых для каналов ГСТ. Использование Интернета позволит выбрать наилучшее локальное подключение, пользуясь общедоступной и хорошо проработанной технологией.

Таким образом, ИСВ 2.0 будет опираться и активно поддерживать реализацию Цели в области устойчивого развития №9 ООН (ЦУР 9), которая включает задачу по обеспечению недорогого и всеобщего доступа к Интернету для наименее развитых стран (НРС).

Основой современного и общедоступного обмена информацией является Всемирная паутина (веб). Принятие веб-технологий в качестве основы ИСВ 2.0 заложит фундамент для совершенствования обнаружения, доступа и использования данных о погоде, климате и воде. Всемирная паутина предоставляет платформу для реально совместной работы с целью применения подхода, предусматривающего более активное участие, где пользователи больше не являются просто наблюдателями.

Обмен данными с помощью Всемирной паутины также содействует использованию механизмов упрощённого доступа. НМГС могут публиковать свои данные в виде каталогов плоских файлов, а также через ИПП⁶ веб-сервисов, чтобы обеспечить

6 Интерфейсы программирования приложений, или программные посредники, которые позволяют двум приложениям взаимодействовать друг с другом.



Рисунок 3. Открытые стандарты для протоколов передачи сообщений в ИСВ 2.0

динамическое обнаружение, доступ и визуализацию, позволяя пользователям загружать именно то, что они ищут. Браузеры и поисковые системы позволяют пользователям Всемирной паутины находить данные без необходимости использования специализированного программного обеспечения. Всемирная паутина также позволяет использовать дополнительные платформы для доступа к данным, например настольные географические информационные системы (ГИС), мобильные приложения, рабочие станции синоптиков и т. д.

Размещение данных во Всемирной паутине не означает, что все данные автоматически доступны для всех без ограничений на их использование. Средства управления доступом и обеспечение безопасности, разработанные для таких приложений, как интернет-банкинг и электронная коммерция, могут быть использованы для ограничения доступа к данным и услугам, где это необходимо. Веб-технологии дают возможность при необходимости провести аутентификацию и авторизацию, то есть процедуры, позволяющие поставщику контролировать, кто имеет право на доступ к размещаемым ресурсам, и просить пользователей получить лицензию, регулиющую порядок и условия доступа к ресурсам, прежде предоставления пользователям доступа.

ИСВ 2.0 не будет проталкивать данные по сети, как это делает сегодня ГСТ. Обмен данными в режиме реального времени будет осуществляться на основе открытых стандартов «публикация-подписка» с использованием простой системы группового обмена сообщениями, аналогичной «WhatsApp для передачи информации о погоде». Поставщики данных смогут публиковать свои данные через веб-сервисы, а пользователи смогут попросить о подписке на интересующие их потоки данных. По мере появления новых данных, подписавшиеся пользователи будут получать их немедленно, подобно тому, как пользователи получают сообщения от группы в WhatsApp, в которой они состоят.

Эффективное использование открытых стандартов

ИСВ 2.0 будет эффективно использовать существующие отраслевые стандарты, которые являются открытыми и общедоступными. В современной экосистеме разработки стандартов организации по стандартизации тесно сотрудничают друг с другом, чтобы минимизировать дублирование и экспертные знания друг друга. Консорциум Всемирной паутины обеспечивает основу веб-стандартов, которые используются Открытым геопространственным консорциумом и другими ключевыми органами по стандартизации. Использование ВМО открытых стандартов позволяет применять подход «создавать путём исключения». В рамках этого подхода будут использоваться открытые стандарты, принятые в отрасли и за её пределами, стабильные и надёжные реализации, что позволит расширить охват участников обмена данными ВМО и снизить барьер для обеспечения доступа Членов.

Открытые стандарты также обеспечивают организациям доступ к широкому спектру готового программного обеспечения (с открытым и закрытым исходным кодом). Это снижает стоимость разработки и сопровождения программного обеспечения, а также помогает снизить барьеры для осуществления и использования. Организации смогут выбирать из существующих программных средств, которые позволяют им быстро и эффективно получить доступ к выбранным данным и использовать их.

Облачная инфраструктура

Спутники, радиолокаторы и численные модели производят больше данных, чем когда-либо прежде. Хранение и обработка этих данных, а также управление ими требуют дорогостоящей инфраструктуры. Более того, объёмы данных становятся настолько большими, что загружать все данные для локальной обработки пользователем становится всё более нерациональным. Более эффективный подход заключается в том, чтобы переместить обработку ближе к данным, используя облачные технологии. Облачные платформы предоставляют инфраструктуру и программное обеспечение как услугу, что позволяет обрабатывать данные, находящиеся поблизости, в среде, которую можно легко тиражировать и использовать повторно.

Хотя ИСВ 2.0 не будет настаивать на использовании облачных технологий, она будет способствовать тому, чтобы центры ИСВ применяли облачные технологии, где целесообразно, для удовлетворения потребностей их пользователей. Поэтому, несмотря на то, что требование об использовании облачных сервисов не будет включено в технические правила ВМО, ИСВ 2.0 будет способствовать постепенному

внедрению облачных технологий там, где они обеспечивают наиболее эффективное решение.

Облачная инфраструктура представляет собой готовое решение для гибкого размещения данных и сервисов. Это означает, что систему, введённую в эксплуатацию в конкретной стране, можно легко упаковать и развернуть в других странах с аналогичными потребностями. Использование облачных технологий позволит ИСВ 2.0 эффективно развернуть инфраструктуру и системы с минимальными усилиями для НМГС за счёт поставки готовых сервисов и применения единообразных методов обработки и обмена данными.

Следует чётко понимать, что размещение данных и/или сервисов в облаке не влияет на право собственности на данные. Даже в облачной среде организации сохраняют право собственности на свои данные, программное обеспечение, управление конфигурацией и изменениями точно так же, как если бы они размещали у себя свою собственную инфраструктуру. В результате права на данные и на указание их источника остаются у организации, а облако — это просто техническое средство для публикации данных.

Облачные сервисы — это высокоэффективные инструменты для предоставления инфраструктуры и программного обеспечения. Однако необходимость финансирования этих услуг на постоянной основе представляет собой проблему для некоторых Членов и не очень хорошо согласуется с типичными бизнес-моделями, используемыми международными учреждениям по вопросам развития. Однако существует возможность получить начальное финансирование, техническую поддержку и обучение от компаний, предоставляющих облачные сервисы. И, действительно, одна из таких возможностей рассматривается в рамках демонстрационного проекта ИСВ 2.0 «Обмен данными автоматических метеостанций в Малави». Облачные услуги, бесплатно предоставляемые ВМО компанией Amazon, позволяют разработать систему обмена данными в рамках ИСВ 2.0, которая потенциально может быть развернута в других странах. Потребности в постоянном финансировании могут быть покрыты за счёт инициативы по созданию Фонда финансирования систематических наблюдений (ФФСН)⁷. Это даёт возможность сделать обмен данными наблюдений постоянным и надёжным в регионах, где недостаток данных является давнейшей проблемой, влияющей на

качество ЧПП и эффективность систем раннего предупреждения.

Новый подход для осуществления ИСВ 2.0

ИСВ 2.0 будет использовать опыт, полученный при разработке и внедрении ИСВ, включая ограниченный успех в удовлетворении потребностей более широкого сообщества ВМО. Планируется подход к осуществлению на основе более тесного сотрудничества, способствующий снижению барьеров и расширению участия в системе Членов ВМО и партнёрских организаций. Как и многие другие современные инициативы в области данных, в ИСВ 2.0 используется подход, предполагающий совместное развитие, проводя работу по вовлечению организаций для участия в ИСВ и одновременно осуществляя итеративную разработку основных компонентов системы. Особое внимание будет уделено потребностям НРС и обеспечению того, чтобы никто не остался без внимания.

Принципы ИСВ 2.0⁸ являются основным фактором успеха. Они охватывают набор технических и рабочих практик, предназначенных для модернизации доступа с целью содействия обнаружению и доступности данных и информационных ресурсов при одновременном повышении эффективности физического обмена данными.

Два важнейших элемента совместной разработки включают функцию взаимодействия ИСВ 2.0 и портфель показательных проектов ИСВ 2.0. Взаимодействие ИСВ осуществляется с региональными ассоциациями ВМО, с различными программами ВМО и с внешними партнёрами, такими как Межправительственная океанографическая комиссия (МОК) ЮНЕСКО и частный сектор. Это позволяет заблаговременно и оперативно выявлять потребности и возможности пользователей и участников, барьеры для участия, а также любые факторы, которые необходимо учитывать группам, разрабатывающим архитектуру и технические компоненты ИСВ 2.0. Тем временем в рамках показательных проектов ИСВ 2.0 будут изучаться, демонстрироваться и развиваться элементы ИСВ 2.0 посредством целенаправленных инициатив, которые соответствуют принципам ИСВ 2.0.

Совместная разработка ИСВ 2.0 в рамках демонстрационных проектов

Показательные проекты были отобраны на основе их соответствия принципам ИСВ 2.0, их роли в развитии и проверке концепций, решений и подхода к реализации ИСВ 2.0, в демонстрации преимуществ,

⁷ Фонд финансирования систематических наблюдений предложен Альянсом для развития в области гидрометеорологии в качестве средства предоставления технической и финансовой помощи, позволяющей развивающимся странам получать и обмениваться основными данными наблюдений, необходимыми для улучшения прогнозов погоды и климатического обслуживания.

⁸ См. WMO [INFCOM-1-INF04-1-3\(1\)](#).

которые ИСВ 2.0 принесёт сообществу ВМО, и на основе сотрудничества нескольких Членов ВМО, участвующих в проекте. Эти проекты включают в себя несколько элементов, в том числе:

- обнаружение данных — деятельность включает изучение облегчённого описания данных (метаданных), каталогизацию и поиск, а также внедрение модернизированного каталога, охватывающего зону ответственности ГЦИС Пекин, содержимое которого можно индексировать, а также можно осуществлять необходимый поиск с помощью коммерческих поисковых систем;
- обмен данными — деятельность включает изучение облегчённых протоколов обмена данными в качестве современной веб-альтернативы обмену данными через ГСТ, а также создание механизмов обмена данными с использованием промышленных форматов, включая NetCDF (Network Common Data Form);
- компоненты системы Земля — деятельность включает обмен данными между конкретными приложениями, связанными с компонентами системы Земля, и демонстрацию облегчённых подходов для снижения барьеров для участвующих центров;
- поддержка НРС и малых островных развивающихся государств (МОСТРАГ) и территорий — деятельность включает модернизацию обмена данными автоматических метеорологических станций в Малави для поддержки потребностей прогнозирования, а также осуществления взаимосвязей между ГЦИС Касабланка и центрами в зоне его ответственности и оптимизации использования Интернета для обмена данными.

ИСВ 2.0 и поддержка НРС

Несмотря на то, что сеть центров ИСВ хорошо налажена и функционирует в полной мере, нельзя не отметить, что есть регионы, где наличие данных всё ещё крайне ограничено. Поэтому в ИСВ 2.0 особое внимание будет уделено повышению доступности данных путём оказания поддержки НРС в решении непростой задачи обмена данными и их использования. Сочетание облегчённых стандартов и протоколов, облачных технологий и общедоступного Интернета позволит НРС максимально эффективно использовать существующие возможности там, где они есть, и преодолеть сложности путём снижения технологических барьеров и оптимизации обмена данными с учётом ограничений инфраструктуры.

И вновь примером такой работы может служить показательный проект по обмену данными автоматических метеорологических станций в Малави. Этот проект направлен на модернизацию регионального обмена данными для устранения давнишних пробелов в охвате данными наблюдений. Работы включают в себя модернизацию

инфраструктуры сотовой связи, оптимизацию процессов и обновление ИТ-систем для использования облачных технологий в целях повышения надёжности и устойчивости, а также для обеспечения потока данных через ИСВ 2.0.

Поддержка Членов при переходе к ИСВ 2.0

Как описано выше, фундаментальными компонентами ИСВ являются ГСТ, частная выделенная сеть и комплекс технологий, используемые для глобального обмена данными в режиме реального времени. Нельзя не признать, что, хотя модернизированная архитектура и облегчённые стандарты и протоколы упростят участие в ИСВ 2.0, переход от ГСТ, как это предусмотрено проектом, потребует специальной поддержки, чтобы Члены могли осуществить этот переход безболезненно. Членам будет оказана поддержка при переходе к ИСВ 2.0 посредством сочетания обучения, информационно-просветительской работы и развития сообществ специалистов-практиков, что позволит сосредоточиться на решении проблем, связанных с конкретными аспектами перехода. В рамках проекта будет реализована стратегия управления изменениями, при этом переход от ГСТ осуществится до того, когда её работа будет окончательно завершена. Для того чтобы завершить переход как можно эффективнее, важно, чтобы Члены в полной мере участвовали в этой работе, а команда ИСВ 2.0 готова оказать помощь по запросу.

ИСВ 2.0 обеспечивает возможности для реализации Единой политики в отношении данных

ИСВ 2.0 — это следующий шаг в части инфраструктуры обмена данными для ВМО. Она обеспечит технологические средства для реализации новой Единой политики ВМО в отношении данных. Это позволит владельцу данных осуществлять более эффективный контроль за тем, как данные распространяются и используются, предоставляя открытый или ограниченный доступ, в зависимости от потребности. ИСВ 2.0 предоставляет критически важную возможность преодолеть давнишние проблемы, связанные с ГСТ, позволяя НМГС, более широкому сообществу ВМО и многим другим пользователям во всём мире получить доступ к данным о погоде, климате и связанным с ними данным о системе Земля проще, чем когда-либо прежде. Потребности неотложные, перспективное видение понятно и убедительно, и работа по переходу уже началась. ИСВ 2.0 будет играть жизненно важную роль в устранении разрыва в части потенциала и в повышении глобальной устойчивости перед лицом растущих погодных и климатических рисков.

Критически важная роль наблюдений в обеспечении информации для науки о климате, оценки и политики

Дик Ди, компания Planet-A Consulting, Эстония; Питер Торн и Саймон Нун, Национальный университет Ирландии в Мейноте; Омар Баддур и Катерина Тассоне, Секретариат ВМО

Научные доказательства изменения климата неоспоримы. Изменение климата, вызванное деятельностью человека, уже оказывает влияние на все регионы земного шара, причём во многих регионах погодные и климатические экстремальные явления наблюдаются чаще, чем раньше. К такому выводу пришла Рабочая группа I (РГ1) Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК) в своём вкладе в Шестой оценочный доклад (ОД6, МГЭИК, 2021 г.), опираясь на различные комплекты данных и результаты реанализа, полученные на основе наблюдений за климатом (рис. 1).

Наблюдения являются основным источником информации об изменении климата. Имеющиеся исторические наблюдения, проведённые национальными метеорологическими и гидрологическими службами (НМГС), хотя, как известно, и не являются полными, но

лежат в основе понимания ключевых климатических процессов и изменения климата. Длинные ряды наблюдений с наземных и судовых метеорологических станций (рис. 2), радиозондов, спутников и других средств наблюдения обеспечивают необходимые долгосрочные данные для понимания быстро меняющегося климата. Эти данные были проанализированы с использованием различных методов, чтобы обеспечить надёжную научную основу для проведения научных оценок и мониторинга.

Без исторических наблюдений невозможно сделать какой-либо однозначный вывод об изменении климата. Однако во многих частях мира имеющихся исторических и современных наблюдений недостаточно для адекватного мониторинга и прогнозирования климата на региональном и местном уровнях. Это особенно верно в отношении экстремальных

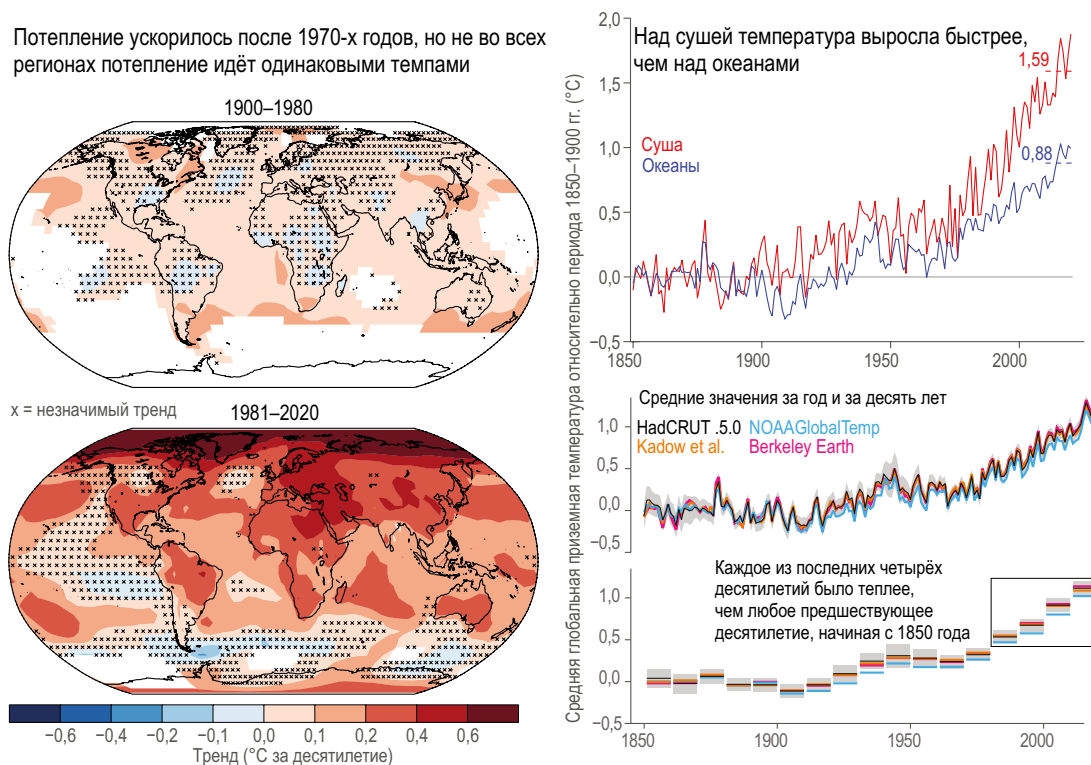


Рисунок 1. Фрагмент рисунка 2.11 из РГ1 ОД6 МГЭИК, показывающий тренды и временные ряды для средней глобальной приземной температуры, полученные на основе наземных и морских метеорологических наблюдений. Комплект HadCRUTv5 получен с применением значительной интерполяции для регионов, в которых отсутствуют данные (Источник: МГЭИК ОД6, рисунок 2.11).



Рисунок 2. Столетняя станция Зоннблик (Австрия). Старая фотография — 1886 года, новая фотография — 2001 года

климатических явлений, которые, как правило, носят более локализованный и краткосрочный характер. В доступных в рамках ClimDEX данных, использующих индексы изменения климата, разработанные ВМО, имеются большие пробелы во многих критически важных районах земного шара. В этих районах для мониторинга требуется гораздо более плотная сеть наблюдений, передающая данные ежесуточно или в сроки подготовки синоптических сводок.

В ОД6 МГЭИК оценка экстремальных климатических явлений в ряде регионов оказалась невозможной из-за отсутствия во многих случаях данных в распоряжении научно-исследовательского сообщества. Это означает что отсутствует наблюдательная база для проверки достоверности будущих проекций изменений в воздействиях в этих регионах и, следовательно, нет возможности для эффективного планирования необходимых мер по адаптации. Несмотря на то, что это может быть связано с недостатком исторических наблюдений, несомненно, имеет место и тот факт, что имеющиеся исторические данные не предоставляются научному сообществу.

Глобальная система наблюдений за климатом (ГСНК) определяет набор важнейших климатических переменных (ВКлП), которые охватывают атмосферные, океанические и наземные компоненты климатической системы, включая метеорологию, гидрологию и криосферу. Результаты наблюдений за ВКлП применяются во многих областях:

- для мониторинга климата, выявления трендов и предоставления информации о возникновении экстремальных погодных условий;
- для обеспечения возможности получить в результате реанализа длинные временные ряды последовательных климатических данных за прошлое время;
- для повышения уровня научного понимания климата и разработки проекций климата на основе выходных данных моделей;
- для предоставления информационной продукции, необходимой для адаптации.

Парижское соглашение Рамочной конвенции ООН об изменении климата (РКИК ООН), утверждённое в 2015 году, направлено на ограничение воздействия изменения климата путём обращения ко всем сторонам Конвенции с просьбой принять добровольные обязательства по сокращению выбросов парниковых газов (смягчение последствий) и повышению устойчивости к последствиям изменения климата (адаптация). НМГС могут поддерживать эти цели посредством предоставления данных климатических наблюдений и прогнозов, необходимых для адаптации и других типов климатического обслуживания. Для этого НМГС должны полагаться на систему свободного и открытого обмена данными и вносить в неё свой вклад.

Многие части Парижского соглашения требуют доступа как к историческим, так и к текущим метеорологическим наблюдениям:

- Задача по «удержанию прироста глобальной средней температуры намного ниже 2°C сверх доиндустриальных уровней и приложению усилий в целях ограничения роста температуры до 1,5°C» требует данных наблюдений, чтобы держать под контролем выполнение этой задачи и воздействие мер по смягчению последствий.
- Задача по повышению «способности адаптироваться к неблагоприятным воздействиям изменения климата и по содействию сопротивляемости к изменению климата и развитию при низком уровне выбросов парниковых газов» требует прогнозов изменяющегося климата, подготовленных на основе наблюдений. МГЭИК определила отсутствие доступа к данным как серьёзную проблему для адаптации в некоторых частях мира, особенно на Африканском континенте.
- Определение потоков парниковых газов на основе наблюдений (на основе измерений состава атмосферы) может служить руководством для Сторон при оценке прогресса и поддержке при подготовке отчётности в соответствии с рамками для обеспечения транспарентности.
- Наблюдения за растительным покровом и биомассой на земной поверхности имеют основополагающее значение для поддержки усилий по сохранению и увеличению поглотителей и резервуаров, включая леса.
- Сторонам следует повысить уровень понимания в отношении потерь и ущерба, связанных с неблагоприятными воздействиями изменения климата, и активизировать соответствующие действия и поддержку. Наблюдения необходимы для выявления, установления причин и прогнозирования экстремальных погодных условий и медленно развивающихся явлений и являются важной частью систем предупреждения о чрезвычайных ситуациях.
- Информирование общественности о текущем и будущем состоянии климатической системы.
- Поддержка Глобального подведения итогов путём предоставления отчётности о коллективном прогрессе в достижении целей и задач Парижского соглашения.

Чтобы выявить долгосрочные изменения в суточных, сезонных и многолетних колебаниях климата необходим длинный ряд климатических наблюдений с достаточно высоким уровнем качества и единообразия. Базовые ряды климатических данных «исходных» наблюдений должны сохраняться на неопределённый срок, даже если они нечасто используются напрямую без дополнительной обработки. Глобальные оценки, полученные на основе наблюдений, такие как результаты реанализов и другие виды информационной продукции высокого уровня, чаще всего используются для мониторинга изменения климата, поддержки, разработки и реализации политики и информирования общественности. В отношении таких глобальных комплектов данных часто применяется даунскейлинг, чтобы получить продукцию с более высоким разрешением для поддержки климатического обслуживания на местном уровне. Однако вся цепочка создания стоимости от наблюдений до климатического обслуживания в решающей степени зависит от доступности в глобальных масштабах и свободного и неограниченного обмена данными наблюдений, а также выходными данными моделей и данными реанализа. Новые и усовершенствованные комплекты климатических данных, включая комплекты результатов реанализа и другую инновационную информационную продукцию, будут появляться и исчезать, при этом в каждом следующем комплекте будут с пользой применены новые идеи и возможности, но эти комплекты нельзя создать без постоянного доступа к исходным наблюдениям.

Крайне важно обмениваться историческими наблюдениями и обеспечивать их сохранность, управлять ими надёжно и эффективно и делать их доступными для всех. Нынешнее и будущие поколения исследователей должны иметь возможность использовать данные и работать с ними для предоставления продукции и обслуживания, необходимых для эффективного принятия решений, связанных с климатом.

Реанализ

Реанализ имеет ряд преимуществ в плане использования для численного прогнозирования погоды (ЧПП), а также для изучения климата. Он играет важную роль в предоставлении высококачественных и подробных данных о климате в прошлом и настоящем, которые необходимы для поддержки решений по адаптации. Он точно отражает низкую частоту изменчивости для нескольких ВКлП, наблюдение за которыми проводится на достаточно хорошем уровне во всём мире начиная с 1980-х годов (Simmons et al., 2017). К ним относятся температура приземного воздуха, температура тропосферы и нижней стратосферы, влажность приземного воздуха и осадки. Данные реанализа также предоставляют полезную информацию о некоторых ВКлП, наблюдение за которыми проводится на не достаточно хорошем уровне, например о тропосферных ветрах, влажности почвы, расходе воды в реках и речном стоке (Dunn et al., 2020).

Реанализ в значительной степени зависит от наличия глобальных высококачественных наблюдений.

Глобальный реанализ с использованием инфраструктуры ЧПП

Развитие глобальной системы наблюдений, включая необходимую инфраструктуру и протоколы, обеспечивающие обмен данными во времени, близком к реальному, позволило вводить в действие всё более совершенные системы ЧПП, которые используют наблюдения для инициализации глобальных моделей прогнозирования. Успешность прогноза сильно зависит от наличия данных наземных и космических наблюдений, чувствительных к ключевым метеорологическим переменным, таким как приземное давление, температура и влажность воздуха, скорость и направление ветра. По мере развития моделей, позволяющих более точно представлять различные физические и химические процессы, важное значение приобретают многие другие виды наблюдений, связанные, например, с составом атмосферы, биохимией океана и процессами на поверхности суши. Прогностическая продукция обновляется несколько раз в день, по мере поступления новых данных наблюдений, и распространяется среди пользователей в течение нескольких часов. Критически важным шагом в этом процессе является инициирование нового модельного прогноза на основе корректировок, обусловленных получением новой информации в результате последних наблюдений. Техническим термином для обозначения этого непрерывного процесса смешивания данных наблюдений с результатами моделирования является термин «усвоение данных».

Со временем глобальная система ЧПП на основе наблюдений и в соответствии с законами физики будет обеспечивать длинные временные ряды метеорологических полей для нескольких геофизических параметров, охватывающих весь земной шар от поверхности Земли до стратосферы. Когда системы ЧПП начали функционировать в 1970-х годах, вскоре стало понятно, что такое цифровое представление атмосферной циркуляции, содержащее историю погодных явлений по всему миру, будет иметь неоценимое значение для исследований и разработок в области атмосферных наук. Однако создание последовательного ряда данных, охватывающего несколько десятилетий, требует повторной обработки, или реанализа, архивных и прошедших контроль качества наблюдений с использованием фиксированной конфигурации модели ЧПП и системы усвоения данных. Такой реанализ необходимо периодически повторять, когда модели прогнозирования, входные данные наблюдений и методология усвоения данных существенно улучшаются, а новые вычислительные возможности позволяют повысить пространственное и временное разрешение данных.

Реанализ предоставляет академическому исследовательскому сообществу доступ к огромному объёму информации, получаемой глобальной системой наблюдений и синтезированной с использованием самых современных моделей прогнозирования, в удобной для использования форме.

Центры ЧПП являются основными пользователями данных реанализа, например в качестве критерия для оценки эффективности среднесрочных прогнозов. Высококачественные данные реанализа крайне необходимы для разработки систем сезонного прогнозирования климата, которые зависят от наличия большой базы данных ретроспективных прогнозов (то есть повторных прогнозов репрезентативных исторических условий) для статистической коррекции систематических ошибок, которые обычно возникают в долгосрочных прогнозах. Данные реанализа используются для оценки глобальных климатических режимов и функций распределения вероятностей для различных метеорологических параметров, служащих основой для растущего набора продукции вероятностного прогнозирования, которая может использоваться для оценки рисков, систем аварийного оповещения, планирования и принятия решений. К ней относятся, например, карты, на которых указаны места, где возможно развитие экстремальных погодных условий в ближайшем или среднем временном диапазоне (рис. 3).

Реанализ климата

Использование данных глобального реанализа для климатических применений быстро растёт, несмотря на хорошо известное влияние погрешностей в моделях и наблюдениях на отображение изменчивости и изменения климата (Bengtsson et al., 2007). Реанализ — это расчёты за несколько десятилетий

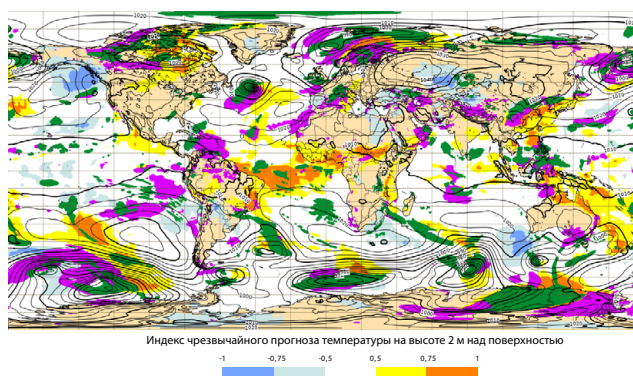


Рисунок 3. Карта индекса чрезвычайного прогноза (ИЧП) на 5 октября 2021 года, показывающая, где в течение следующих семи дней есть вероятность аномальной погоды. Цветом отмечены зоны с вероятным сильным ветром (сиреневый), обильными осадками (зелёный), высокими (жёлтый/оранжевый) и низкими (голубой/синий) температурами. ИЧП опирается на климатологические режимы и вероятности аномалий, полученные на основе данных реанализа (Источник: ЕЦСПП).

с использованием соответствующей модели, ограниченные наличием наблюдений; любое серьёзное изменение в ограничениях, связанных с наблюдениями, потенциально влияет на оценку климатических сигналов. Современные реанализы имеют больше возможностей корректировать погрешности благодаря увеличению доступности высококачественных контролируемых наблюдений, улучшению моделей прогнозирования и достижениям в области усвоения данных. В результате и с учётом растущей роли реанализа в климатическом обслуживании теперь стало привычным говорить о «реанализе климата».

Вместе с другими климатологическими комплектами данных, полученными только на основе наблюдений, данные климатического реанализа в настоящее время регулярно используются в ежегодных докладах о состоянии глобального климата, публикуемых ВМО, Американским метеорологическим обществом и Службой по вопросам изменения климата в рамках программы «Коперник». Использование инфраструктуры ЧПП для реанализа климата имеет несколько важных преимуществ: 1) данные об изменении климата могут быть обновлены в дни проведения наблюдений; 2) оценки ВКлП охватывают весь земной шар, включая тропические и высокоширотные регионы; 3) оценки основываются на прошедших контроле качества данных наблюдений из всех доступных источников; 4) оценки для разных ВКлП физически согласуются друг с другом; 5) данные метеорологических наблюдений эффективно используются повторно для климата, повышая пользу от обмена ими.

Растущая осведомлённость об изменении климата и его значительное влияние на жизнь и источники средств к существованию привели к увеличению спроса на научно обоснованное обслуживание для различных секторов экономики. Реанализ климата должен сыграть ключевую роль в разработке этого обслуживания. Индустрия перестрахования полагается на данные реанализа для получения статистических данных и трендов по ветровым бурям, прибрежным наводнениям и другим явлениям, связанным с погодой, для оценки будущей уязвимости и убытков. Аналогичным образом адаптация к изменению климата в транспортном и инфраструктурном секторах требует информации о трендах и изменчивости температуры и осадков, а также других ключевых переменных, на которые влияет изменение климата, таких как влажность почвы, уровень моря и морской лёд. Энергетический сектор сильно зависит от данных реанализа в плане получения параметров, необходимых для оценки потенциальной стоимости различных возобновляемых источников энергии по всему миру, включая ветер, солнце и гидроэнергию. В сельском и лесном хозяйстве данные реанализа регулярно используются для картирования перемещения климатических зон, влияющих на планирование посевов и водоснабжение.

Текущее состояние глобальных архивов исторических метеорологических данных

Как отмечалось выше, архивирование климатических данных и свободный и неограниченный доступ к ним имеют важнейшее значение. Несмотря на существенные улучшения в архивировании климатических данных (Noone et al., 2020; Durre et al., 2018), многие препятствия всё ещё существуют:

- данные могут быть не доступны для свободного обмена. В некоторых случаях данные наблюдений не предоставляются для международного обмена или предоставляются только за плату;
- данные могут быть в свободном доступе, но отсутствие ресурсов может препятствовать процессу обмена данными;
- обмен данными может осуществляться, но на ограниченной основе, например, только для определённых целей или с определёнными группами;
- ненадлежащее управление данными может привести к ситуации, когда данные не обнаружены и, следовательно, не используются, даже если они номинально доступны;
- климатические данные могут быть потеряны: бумажные записи портятся, электронные форматы становятся нечитаемыми, отсутствует резервное копирование и надлежащее архивирование — всё это может внести свой вклад.

Исторически сохранением данных занималось небольшое число учреждений, а предоставление исторических данных носило фрагментарный характер. Комплекты стали более полными после того, как обмен данными стал осуществляться через Глобальную систему телесвязи (ГСТ), что позволило собирать и архивировать эти данные.

Путь проложили морские наблюдения. В течение нескольких десятилетий данные собираются и обобщаются в рамках Международного всеобъемлющего набора данных по атмосфере и океану (ИКОАДС) (Freeman et al., 2017). Данные хранятся в многомерном архиве, и все оригинальные источники

сохранены. Несомненно, остаются национальные архивы, которые можно было бы ещё больше интегрировать в ИКОАДС, улучшив его охват. ИКОАДС достиг значительной степени зрелости, технологический процесс надлежащим образом подтверждён документами и предусматривает высокий уровень поддержки со стороны сообщества.

Находящийся в Ашвилле Мировой центр данных по метеорологии поддерживается Национальным центром информации об окружающей среде (НЦИОС) Национального управления по исследованию океанов и атмосферы (НУОА) США. В сотрудничестве с международными и национальными организациями НЦИОС собирает, каталогизирует и архивирует глобальные метеорологические данные, которые свободно и открыто предоставляются научному сообществу и общественности через порталы данных и веб-сервисы.

Интегрированный глобальный архив радиозондовых наблюдений (ИГАРН) НУОА включает радиозондовые и шаропилотные наблюдения с более чем 2800 глобально распределённых станций, сохранённых в виде многомерных данных. Сбор данных в основном осуществляется за счёт данных, получаемых в рамках обмена по ГСТ, и данных, дополнительно получаемых в рамках специализированных мероприятий по спасению данных. ИГАРН принадлежит исключительно НЦИОС как организации, выполняющей функции Всемирного центра данных по метеорологии, и имеет гораздо меньшую известность и поддержку, чем ИКОАДС.

Архивы наземных метеорологических данных находятся в гораздо менее продвинутом состоянии и, как правило, доступны для обмена в виде синоптических, суточных и месячных данных, получаемых из различных источников. Управление данными часто структурировано по переменным или по временным интервалам и используется в рамках отдельных проектов, а не на постоянной основе, что означает, что данные разъединены (Thorne et al., 2017). Снова объединить эти данные довольно сложно, поскольку различные архивы данных используют разные форматы данных и метаданных. Рисунок 4

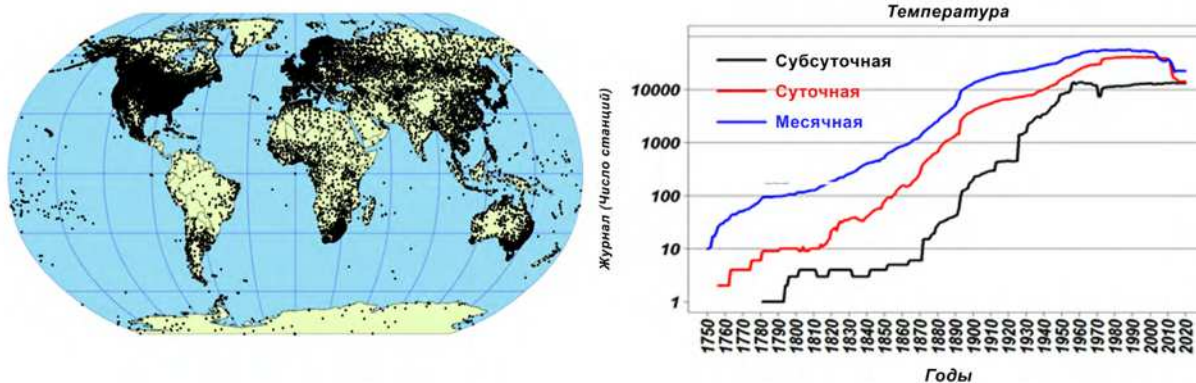


Рисунок 4. Расположение наземных станций, осуществляющих наблюдения за температурой. На графике показано количество наземных станций, измеряющих температуру в 1750–2020 гг. в каждом временном масштабе, используя логарифмическую шкалу (Источник: Noone et al., 2020).

даёт представление как о пространственном распределении современных комплектов данных, так и о том, как со временем менялась доступность данных с учётом различных уровней временной агрегации. Более подробная информация о текущем состоянии представлена в (Noone et al., 2020).

Глобальная база данных наземных и морских наблюдений (ГБДНМН) функционирует в рамках Службы по вопросам изменения климата программы «Коперник» (C3S). ГБДНМН будет иметь огромное значение для реанализа и разработки климатического обслуживания.

Заполнение пробелов и повышение уровня знаний

Спасение климатических данных

Сотни миллионов метеорологических наблюдений, сделанных в период с XVIII до начала XX века, до сих пор доступны только в печатном виде или в виде изображений и рискуют быть утраченными навсегда (Brönnimann et al., 2019). Ещё много данных в различных библиотеках, бюро записей и архивах, существовавших до создания НМГС, не обнаружены и не каталогизированы. Если эти наблюдения оцифровать и сделать доступными, то они расширят временной и пространственный охват существующими данными для регионов и промежутков времени с недостаточным количеством данных, где изучение воздействий изменения климата имеет важнейшее значение. Это позволит получить длинные ряды климатических данных для поддержки получения высококачественных результатов реанализа, охватывающего временной период продолжительностью сто лет (Slivinski et al., 2019). Несмотря на огромные усилия по спасению данных, всё ещё остаются значительные объёмы данных, ожидающие обработки (рисунок 5). Существующие проекты по спасению данных и каталог данных, доступных для спасения, поддерживаются ВМО на базе Королевского Нидерландского метеорологического института (КНМИ) по адресу <https://www.idare-portal.org/>. Руководство по передовым методам работы можно получить как от ВМО, так и от C3S (<https://datarescue.climate.copernicus.eu/>).



Рисунок 5. Хранилище исторических метеорологических наблюдений на бумажных носителях в НЦИОС, Ашвилл, США (Источник: S. Noone, 2017)

Управление данными

Обеспечение доступа к высококачественным, хорошо управляемым климатическим данным является основным фактором для предоставления климатического обслуживания. Однако необходимы стандарты и методические рекомендации для поиска, бессрочного хранения, управления, оценки и каталогизации климатических данных, а также инфраструктура для их свободного и неограниченного обмена. Последовательная оценка того, насколько хорошо осуществляется управление данными, является одним из способов установить или продемонстрировать надёжность данных. Глобальная структура управления данными высокого качества по климату (ГСУДК-ВК) (HQ-GDMFC, ВМО, 2019b) — это совместная инициатива ВМО, которая обеспечивает такую оценку на глобальном, региональном и национальном уровнях. Международное сотрудничество в рамках ГСУДК-ВК будет опираться на следующие принципы:

1. Содействие соблюдению политики ВМО в отношении данных.
2. Регистрация комплектов данных, предназначенных для международного обмена с целью использования в исследованиях, мониторинге и применениях климата.
3. Содействие обеспечению простого доступа к метаданным и документации, подкрепляющим комплекты данных.
4. Содействие сохранению и адекватному, основанному на стандартах управлению всеми данными, которые используются или потенциально могут быть полезны для мониторинга изменения климата, включая создание резервных копий для хранения в дублированных архивах в течение определённых периодов времени.
5. Оценка и повышение степени зрелости и уровня качества методов управления данными, поддерживающих работу с комплектами данных, их каталогизацию для упрощения поиска, обнаружения и доступа, а также содействие их использованию для обоснования политических рамок.
6. Содействие получению отзывов пользователей о качестве, соответствии целям и удобстве использования комплектов данных, предоставленных для обмена.

В рамках управления центрами обработки данных, например в соответствии с техническим регламентом ВМО (WMO, 2019), операторы несут ответственность за разработку и выполнение плана повышения устойчивости функционирования для снижения рисков, связанных со сбоями в работе баз данных. Такой план должен содержать положение о регулярном резервном копировании данных и процедуры для своевременного восстановления базы данных и связанной с ней инфраструктуры. Члены ВМО участвуют в обеспечении бессрочного хранения климатических данных.

Среди многочисленных проблем, препятствующих предоставлению качественного климатического

обслуживания как на глобальном, так и на национальном уровне, можно назвать то, что большая часть существующих рекомендаций по управлению климатическими данными не успевает за быстрым развитием технологий, передовой практикой сообществ и требованиями пользователей. ВМО разработала и закрепила на базовом уровне Матрицу зрелости сопровождения климатических данных (МЗС-КД) (Peng et al., 2019), чтобы дать возможность специалистам по управлению данными (например в НМГС) оценить свою практику управления данными в рамках международной стандартизированной структуры, выявить пробелы и другие элементы в своих процессах, которые больше всего выиграют от нововведения.

Эффективное управление данными требует сочетания непрерывных усилий на национальном, региональном и глобальном уровнях, которые взаимодополняют друг друга. НМГС либо непосредственно, либо иным образом управляют данными наблюдений на национальном уровне, а также располагают местными знаниями для наиболее эффективного управления данными наблюдений, проводимыми под их эгидой. Однако в связи с глобальным характером погоды и климата данные нужно передавать в региональные и глобальные хранилища, чтобы новые виды продукции и обслуживания, полученные на основе данных этих агрегированных хранилищ, были максимально полезны на национальном уровне.

Данные на службе обществу

В последние годы были созданы крупные международные программы, такие как Глобальная рамочная основа для климатического обслуживания (ГРОКО) ВМО и Служба по вопросам изменения климата в рамках программы «Коперник» (C3S) Европейского союза с целью координации и организации климатических данных и инструментов для использования правительствами, государственными органами и частными структурами по всему миру. Их общая цель заключается в том, чтобы создать набор оперативных услуг и общих практик, которые позволят передать самые передовые имеющиеся научные данные и инструменты в руки тех, кто сталкивается с непосредственными проблемами адаптации и смягчения последствий в тех общинах, на территории которых они проживают. Они осуществляют свою деятельность на основе принципа, согласно которому свободный и неограниченный доступ к качественным данным и информации о прошлом, настоящем и будущем климате необходим для построения обществ, устойчивых к изменению климата и учитывающих климатические факторы.

Создание Европейским центром среднесрочных прогнозов погоды (ЕЦСПП) Службы по вопросам изменения климата в рамках программы «Коперник» (C3S) является переломным этапом в улучшении доступа к наблюдениям и инструментам, необходимым для их эффективного использования в целях климатического обслуживания. C3S предлагает оперативные сервисы, ориентированные

на пользователя, включая надёжные сервисы данных и поддержку пользователей посредством специализированного хранилища климатических данных (ХКД). Каталог ХКД включает многочисленные комплекты данных, полученные в результате наблюдений, которые охватывают большую часть ВКлП ГСНК, а также комплекты данных, полученные в результате высококачественных климатических реанализов с использованием инфраструктуры ЧПП ЕЦСПП. C3S координирует и поддерживает широкий спектр мероприятий по обеспечению постоянной доступности и совершенствованию этих комплектов, включая спасение данных, сбор данных, управление данными, контроль качества данных, повторную обработку данных и проведение реанализа.

Дальнейшие действия

Наблюдения являются основным источником информации об изменении климата. Они предоставляют прямые и убедительные доказательства о воздействиях изменения климата, незаменимы для разработки сезонных климатических прогнозов и необходимы для проверки и улучшения моделей, используемых для моделирования будущего климата в рамках различных сценариев выбросов. Всё это невозможно без обеспечения общего доступа к высококачественным данным наблюдений — глобальных, региональных и местных — в прошлом, настоящем и на устойчивой основе в будущем.

Предлагаемая резолюция ВМО о политике в отношении данных, которая призывает к свободному и неограниченному обмену данными исторических наблюдений, представляет собой потенциальную кардинальную перемену для климатического обслуживания. Она приведёт к расширению доступности и повышению качества научно обоснованной информации, необходимой для принятия более эффективных решений в условиях меняющегося климата.

Климатические наблюдения включают не только метеорологические наблюдения, предоставляемые НМГС, но и океанические и наземные наблюдения, охватывающие криосферу, гидрологию и биосферу. Большинство наземных наблюдений проводятся и финансируются на национальном уровне. На глобальном уровне происходит свободный обмен многими наблюдениями. Гидрологические наблюдения являются исключением — лишь некоторые из них доступны для обмена на глобальном уровне (см. статью 6). Новая политика ВМО в отношении данных охватывает обмен данными всех видов наблюдений за системой Земли, финансируемых государством. Наблюдения, не связанные с погодой, такие как наблюдения за поверхностью суши и океанические наблюдения, пока рассматриваются как рекомендуемые данные в рамках политики, но в конечном итоге могут стать базовыми данными, если и когда требования к обмену ими станут обоснованными и широко согласованными.

**Список литературы доступен
в онлайн-режиме**

Обмен гидрологическими данными

Роберт Арджент, Бюро метеорологии, Австралия; Ян Данжелка, Чешский гидрометеорологический институт; Марсело Медейрос, Бразильское национальное агентство по водным проблемам (АНА); Доминик Берод, Секретариат ВМО

При рассмотрении проблем, связанных с водой, на ум сразу приходят наводнения и засухи. Впрочем, вода прямо или косвенно влияет на нашу повседневную жизнь по причине её использования для бытовых и питьевых нужд, сельского хозяйства, промышленности, гидроэнергетики, судоходства, отдыха, управления экосистемами и многого другого. Неэффективное руководство или управление водными ресурсами может привести к социально-экономическим и экологическим кризисам. Существует множество конфликтующих или конкурирующих видов использования воды между людьми, между странами с общими речными бассейнами, или между поколениями. Обычно это касается грунтовых вод с медленным процессом пополнения.



Всемирный экономический форум определяет воду как один из самых серьёзных глобальных рисков с точки зрения воздействий. Непосредственно о воде говорится в 6-й Цели в области устойчивого развития (ЦУР) из 17, и вода оказывает влияние на достижение 15 ЦУР. В связи с ростом населения и экономическим ростом растёт спрос на воду. Изменение климата делает водоснабжение менее предсказуемым и менее регулярным во многих регионах. Качество воды находится под угрозой из-за неочищенных сточных вод, более интенсивных методов ведения сельского хозяйства, усиления давления со стороны промышленности и вторжения солёных вод. Проблем слишком много, чтобы их перечислять.

ЦУР 6, Сендайская рамочная программа по снижению риска бедствий на 2015–2030 годы и Парижское соглашение Рамочной конвенции ООН об изменении климата (РКИК ООН) настоятельно призывают к поиску и осуществлению устойчивых решений, связанных с водными проблемами. Сильные наводнения по всему миру летом 2021 года являются жестоким напоминанием о том, что никто не находится в безопасности. Текущая ситуация обусловлена различными причинами, одна из которых заключается в том, что многие



Дельта Иравади в Мьянме (Источник: содержит скорректированные данные, полученные со столетней станции в рамках программы «Коперник» (2017 г.), обработанные ЕКА, CC BY-SA 3.0 IGO)

критически важные водные процессы не изучены и трудно предсказуемы.

Комплексный характер гидрологии

Изучение гидрологии охватывает весь гидрологический цикл: испарение, осадки, поверхностный и подповерхностный сток, влажность почвы, потоки подземных вод и качество воды. Комплексные взаимодействия между этими гидрологическими процессами не полностью изучены во всех временных и пространственных масштабах. В 2017 году Международная ассоциация гидрологических наук выступила с «Призывом к действию»¹, призывая всех гидрологов мира выявить и решить 23 нерешённые проблемы в гидрологии². Совет по исследованиям ВМО в настоящее время разрабатывает стратегию прикладных исследований в области оперативной гидрологии.

Комплексность гидрологии ещё более усиливается в результате изменения климата и деятельности человека. Плотины, водозаборы, урбанизация и другие воздействия человека изменяют гидрологический режим, что делает необходимой, но трудной адаптацию методов управления водными ресурсами и соглашений о совместном использовании воды. Кроме того, группы заинтересованных сторон в области

- 1 Blöschl et al., 2019. [Twenty-three unsolved problems in hydrology \(UPH\) – a community perspective](#). Hydrological Sciences Journal 64, issue 10.
- 2 Inspired by David Hilbert's 23 problems in the discipline of mathematics, published in 1900.



Измерения уровня воды на станции Мукум (Источник: Бразильское национальное агентство по водным проблемам (АНА)).

водных ресурсов, как правило, очень разнообразны, а поставщики гидрологического обслуживания и соответствующей продукции часто разрознены и не скоординированы, что препятствует эффективному предоставлению обслуживания.

Необходимость комплексного подхода к системе Земля

Вся земная система вовлечена в гидрологический цикл. Океан и суша поставляют испарившуюся воду, атмосфера и криосфера обеспечивают поступления в наземные системы, а последние вместе с криосферой формируют в свою очередь пространственно-временное перераспределение воды в поверхностном и подповерхностном стоке и запасах, динамику подземных вод, вплоть до возвращения воды в океан, спустя минуты или столетия после ухода из него. Невозможно уловить динамику одного компонента без понимания других и их взаимодействия.

Это особенно актуально для таких систем, как эстуарии, прибрежные и полярные регионы, высокогорные районы. Комбинированные процессы в таких системах могут вызвать такие разрушительные явления, как затопление прибрежных районов, засоление грунтовых вод, эрозию, прорывы ледниковых озёр, динамику морского льда, разрушение мангровых лесов или рост синезелёных водорослей. Следовательно, анализ климата и численное прогнозирование погоды (ЧПП) должны быть связаны с гидрологическим мониторингом и моделированием, чтобы улучшить возможности для прогнозирования. Измеренные и рассчитанные гидрологические данные также позволяют проводить валидацию и верификацию моделей атмосферы. В этом заключается суть подхода ВМО к системе Земля.

Совместное использование гидрологических данных: глобальная возможность с локальным воздействием

Обмен данными уже давно является проблемой в гидрологии как с технологической, так и с политической точек

зрения. К числу технологических проблем относятся узкоспециализированные системы мониторинга и управления данными с уникальными или специфическими форматами данных, множество неполных или несовместимых стандартов для хранения и обмена данными, а также невозможность публиковать и поддерживать данные в общедоступном виде. В то время как политические проблемы на региональном, национальном и международном уровнях включают разногласия по поводу приоритетов, конкурирующие или разрозненные учреждения, политические вакуумы и концепцию, согласно которой данные — это власть, поэтому обмен ими может ослабить фундамент власти. Кроме того, некоторые правительства ожидают, что их национальные гидрологические службы (НГС) будут покрывать часть своего бюджета за счёт продажи данных или услуг с добавленной стоимостью клиентам, что потенциально препятствует доступу населения, которое может получить больше пользы от открытого доступа.

Тем не менее существует множество примеров успешного обмена гидрологическими данными. Например, существует международный обмен данными о стоке в рамках академического сообщества и через международные центры, такие как [Глобальный центр данных по стоку](#). На региональном и национальном уровнях инженеры и учёные на протяжении десятилетий признавали огромную ценность обмена данными и поддерживали неавтоматизированные и узкоспециализированные подходы к обмену данными, которые способствуют безопасности, защищённости и процветанию людей.

В последнее десятилетие наблюдается развитие технологий и политики в области открытых данных, что расширяет возможности для обмена гидрологическими данными. В 2017 году ВМО и Австралийское бюро метеорологии (АБМ) опубликовали набор Руководящих принципов передовой практики для политики управления данными о воде (BoM, 2017), где признаются упомянутые достижения и возможности, которые эти достижения открывают для практического и эффективного прогресса в области обмена гидрологическими данными.

В Руководящих принципах описана польза, которую можно получить от эффективного обмена гидрологическими данными, и определены семь взаимосвязанных передовых практик, охватывающих как технологию, так и политику:

1. Определение приоритетных целей управления водными ресурсами.
2. Укрепление институтов, занимающихся данными о воде.
3. Создание устойчивых систем мониторинга данных о воде.
4. Принятие стандартов данных о воде.
5. Использование концепции открытых данных в отношении доступа к данным о воде и их лицензированию.
6. Ввод в действие эффективных информационных систем данных о воде.
7. Использование процессов управления качеством данных о воде.

Эффективный обмен гидрологическими данными потенциально может принести пользу многим сферам жизни общества по целому ряду направлений, которые охватывают временные масштабы от минут до десятилетий. Примеры включают прогнозирование стока грунтовых вод, поддержку навигации и рекреационных целей, туризм и многое другое; при этом некоторые примеры перечислены в таблице 1.

Таблица 1. (взято из публикации BoM, 2017) —
Общественные интересы, опирающиеся на эффективный обмен гидрологическими данными

Общественный интерес	Эффективное использование общих данных
Снижение риска наводнений	• Обеспечение работы систем заблаговременного предупреждения • Проектирование эффективных противопаводковых сооружений
Обеспечение надёжного снабжения питьевой водой	• Определение устойчивых источников воды • Оценка колебаний спроса и предложения
Предоставление эффективных санитарных услуг	• Проектирование эффективных дренажных систем • Выбор подходящих установок для очистки воды
Проектирование инфраструктуры для дренажа и водоснабжения (включая плотины)	• Оценка соотношений между интенсивностью, частотой и продолжительностью (ИЧП) дождевых осадков • Оценка вероятного максимального паводка (ВМП)
Обеспечение водной безопасности для сельского хозяйства	• Проектирование эффективных ирригационных систем • Установление устойчивых ограничений на распределение воды
Обеспечение водной безопасности для водных экосистем	• Определение особо ценных водозависимых экосистем • Определение режимов экологического стока для поддержания функционирования экосистем
Обеспечение водной безопасности для производства энергии	• Выявление водосборных бассейнов с высокой надёжностью водообеспеченности • Определение размеров водохранилищ для работы в условиях длительной засухи

Водная безопасность также является серьёзной проблемой для многих стран, решение которой требует надлежащей информации о наличии воды и эффективности управления вариантами спроса.

Экспериментальные проекты по осуществлению Системы гидрологических наблюдений ВМО (СГНВ) в бассейне Ла-Платы и в Арктике являются хорошими примерами успешных многонациональных усилий по обмену гидрологическими данными, которые приносят пользу обществу. Эти системы работают как общие платформы, объединяющие данные, полученные от национальных поставщиков метеорологических и гидрологических данных. Благодаря общей платформе оперативные и исторические данные становятся доступными для поддержки более обоснованных решений, связанных с водой, на национальном и международном уровнях, например для борьбы с наводнениями или засухой.

Потребности и вклад заинтересованных сторон

На национальном уровне Члены ВМО обеспечивают эффективный обмен гидрологическими данными посредством своей политики и инвестиций в цепочку создания стоимости для сбора, управления, хранения, публикации и обмена данными. Члены определяют политические рамки для эффективной работы многих национальных и местных учреждений, занимающихся деятельностью, связанной с водными ресурсами. На местах Члены также непосредственно поддерживают или обеспечивают инвестиционные рамки для поддержки устойчивых, высококачественных систем мониторинга и управления данными. Члены могут законодательно закрепить принятие стандартов данных и политики обмена данными, которые максимизируют отдачу от инвестиций в системы мониторинга, управления данными и обмена информацией. Они также способствуют принятию и внедрению процессов управления качеством и обеспечения качества, чтобы гарантировать надёжность данных и то, что им можно доверять при использовании для поддержки безопасности, защиты и процветания населения страны.

Национальные гидрологические службы, включая службы, которые находятся в ведении национальных метеорологических служб, могут играть важную руководящую роль в обмене гидрологическими данными на местном, национальном и глобальном уровнях. НГС могут взять на себя инициативу и повлиять на информированность и принятие стандартов и руководящих документов, таких как *Технический регламент ВМО*, том III (ВМО-№ 49), в странах, где гидрологические данные разбросаны по многим организациям. Там, где контроль над гидрологическими данными централизован осуществляется НГС, ответственность НГС заключается в обеспечении правильного направления инвестиций и максимизации выгод за счёт эффективной политики, систем и отношений, в том числе с соседними странами.

По всему миру 145 стран используют 263 трансграничных бассейна, охватывающих половину поверхности суши Земли. Когда реки или системы подземных вод

протекают вдоль или поперёк государственных границ, национальные интересы в эффективном обмене данными становятся региональными или многонациональными. Для содействия общей деятельности в большинстве трансграничных бассейнов обычно создаётся региональная международная организация, и обмен данными является важным элементом согласованной деятельности. Эффективный и своевременный обмен данными между соседними странами может принести много пользы обществу как в плане долгосрочного планирования и управления, так и во время кризисов, таких как наводнения и засухи. Проще говоря, предоставление страной, расположенной выше по течению, данных о количестве осадков и речном стоке способствует более точным и своевременным прогнозам, предупреждениям и управлению водными ресурсами в странах, расположенных ниже по течению.

С глобальной точки зрения стимул для обмена гидрологическими данными такой же, как и стимул для обмена другими данными о системе Земля, который можно резюмировать как «глобальный обмен для местного блага». Все страны могут получить пользу от глобального обмена данными о воде. Как минимум они получают доступ к более крупным комплектам данных для проверки и улучшения систем прогнозирования гидрологических и атмосферных явлений. Обмен данными об экстремальных явлениях улучшает национальную статистику в других водосборных бассейнах с аналогичными характеристиками. Другие преимущества включают отслеживание и понимание динамики климата, калибровку и проверку спутников, а также мониторинг прогресса в достижении ЦУР 6. Кроме того, на глобальном рынке значительные объёмы виртуальной воды перемещаются из одной части мира в другую в процессе обмена товарами — так называемый «водный след». Глобальный обмен данными может помочь количественно оценить такие перемещения воды.

Широкий круг служб и инициатив, связанных с ООН, поддерживают обмен гидрологическими данными и/или могут получить от него пользу. Перечислим лишь некоторые из них:

- система Aquastat Продовольственной и сельскохозяйственной организации Организации Объединённых Наций (ФАО) для обмена данными о водных ресурсах;
- работа Европейской экономической комиссии (ЕЭК) Организации Объединённых Наций в рамках Конвенции по охране и использованию трансграничных водотоков и международных озёр (Конвенции по водам);
- роль Программы ООН по окружающей среде (ЮНЕП) в Глобальной системе мониторинга окружающей среды в отношении пресной воды (ГСМОС/ Вода) и Всемирном альянсе по качеству воды;
- под руководством Управления Организации Объединённых Наций по снижению риска бедствий (УСРБ ООН), РКИК ООН и Организации Объединённых Наций по вопросам образования, науки и культуры (ЮНЕСКО) осуществляется Программа по оценке мировых водных ресурсов.

Типы данных

Гидрология используется как количественная наука с семнадцатого века. Сегодня термин «данные о воде» охватывает большое количество физических, химических, биологических, социальных, экономических и административных переменных, связанных с водой и управлением водными ресурсами. В контексте ВМО гидрологические данные — это данные, описывающие гидрологический цикл. Они необходимы для предоставления гидрологического обслуживания и проведения исследований. Они включают в себя данные измерений *in situ* и данные, полученные с помощью спутниковых платформ, а также выходные данные гидрологических моделей. Это могут быть данные в реальном времени (во времени, близком к реальному) и исторические временные ряды, значения в точке, а также агрегированные данные.

Полный список переменных можно найти в томе III *Технического регламента ВМО*, и в Руководящих принципах АБМ. Особо важные переменные сгруппированы в таблице 2.

Для сбора и анализа некоторых данных требуется время, так же, как и для длительных процедур их последующей обработки и проверки, поэтому их нельзя передавать в режиме реального времени, а если и можно, то только в виде предварительных, непроверенных данных, подлежащих корректировке до выхода окончательных версий.

Том III *Технического регламента ВМО* (ВМО-№ 49) и руководство по Интегрированной глобальной системе наблюдений ВМО (ИГСНВ) определяют конкретные комплекты гидрологических данных, которые подлежат совместному использованию, однако требуются новые информационные рамки и более унифицированный подход. Экспертам будет поручено разработать поправки к Техническому регламенту ВМО, чтобы включить новые принципы и предложить список данных, считающихся базовыми (необходимыми для защиты жизни, имущества и окружающей среды) и рекомендуемыми (важными для понимания системы и поддержки управления водными ресурсами), так же, как и в других областях.

Базовые и рекомендуемые данные

Базовые гидрологические данные необходимы для обеспечения того, чтобы с помощью оперативной гидрологии можно было эффективно информировать о наводнениях, засухе и управлении водными ресурсами, а также способствовать улучшению глобальных знаний о гидрологическом цикле. Некоторые из этих базовых данных, такие как расход воды в реках или уровень грунтовых вод, могут быть ограничены для обмена. Для преодоления таких ограничений предусматривается создание глобальных опорных станций. Страны будут назначать эти станции на добровольной основе, при этом они будут обязаны предоставлять свои данные для обмена. Сеть таких гидрологических станций можно официально оформить через ВМО, аналогично тому,

Таблица 2. Основные гидрологические переменные

Компонент гидрологического цикла	Физический объект	Переменные
Поверхность суши	Реки	Уровень воды в реках, расход (речной сток), скорость потока, подпор; площадь затопления и глубина затопления; характеристики и площадь ледяного и снежного покрова, включая водный эквивалент снега.
		Перенос и/или отложение наносов (взвешенных и донных); параметры качества воды (физические и биологические).
	Озёра и водохранилища	Батиметрия и уровень водохранилища, доступный объём водохранилища, приток, отток, отвод воды из водохранилища, протяжённость водных объектов.
		Температура (различные слои), перенос и осаждение взвешенных наносов, параметры качества воды (физические и биологические).
	Водно-болотные угодья и источники	Уровень и скорость движения воды, температура, рН, кислород, биологические параметры.
	Эстуарии и прибрежные зоны	Уровень воды в дельте и эстуариях, кривые подпора и динамика приливов, водоросли, биологические параметры.
Засоление, водоросли.		
Почва и грунтовые воды	Верхний слой почвы	Проницаемость и аккумулирующая способность, подповерхностный поток, влажность почвы.
	Грунтовые воды	Уровень воды и давление; толщина водоносного горизонта, скорость и направление потока; пополнение поверхностных вод и грунтовые воды.
		Температура, химические и биологические свойства воды.
Атмосфера		Осадки, скорость ветра, влажность, температура, радиация, эвапотранспирация.

что было сделано или делается в настоящее время в отношении долгосрочных столетних станций.

Рекомендуемые данные — это данные, которые необходимы для улучшения нашего понимания гидрологического цикла, для определения водных балансов в различных временных и пространственных масштабах и для обеспечения гидрологического обслуживания. Такие данные необходимы для поддержки научных исследований и количественной оценки показателей воды для ЦУР. Однако они не являются данными, необходимыми для защиты жизни, имущества и окружающей среды. Примерами могут служить уровень воды в водно-болотных угодьях, перенос отложений или температура воды.

После принятия Единой политики ВМО в отношении данных будет организован полноценный консультативный процесс для определения базовых и рекомендуемых данных, а соответствующие технические правила будут адаптированы в течение следующих двух лет.

Решения для совместного использования данных

План действий по гидрологии, который будет представлен на внеочередной сессии Всемирного

метеорологического конгресса в октябре 2021 года, укрепит и упорядочит поддержку, оказываемую ВМО Членам в области гидрологии. План действий содержит технические и политические положения и направлен на то, чтобы и те, и другие вносили свой вклад в комплексный подход к системе Земля.

Политические меры являются ключевым элементом в преодолении проблем с обменом данными. Возможности, связанные с политикой, охватывают четыре основные области:

- более эффективные институты;
- мониторинг соответствия целевому назначению;
- данные, заслуживающие доверия;
- общие данные.

ВМО оказывает странам помощь в разработке эффективной политики, процедур и руководящих принципов в этих областях. Упомянувшиеся ранее Руководящие принципы передовой практики для политики управления данными о воде обеспечивают руководство для разработки и осуществления эффективных политических мер. В рамках укрепления институтов, занимающихся данными о воде, предлагается, чтобы политика включала координацию на национальном уровне для налаживания синергетических связей, с тем

чтобы гидрологические данные естественным образом поступали туда, где они приносят наибольшую пользу.

Том III *Технического регламента ВМО* (ВМО-№ 49) содержит практическое руководство по сетям гидрологического мониторинга. Однако такие сети работают более эффективно при таких политических условиях, которые обеспечивают поддержку устойчивой работы и замены оборудования и которые остаются пригодными для многочисленных целей по мере изменения условий и приоритетов.

Процедуры управления качеством гидрологических данных требуют политики, которая высоко ценит инвестиции в обеспечение качества данных, используемых при принятии решений, влияющих на людей, безопасность, надёжность и процветание. Политика, поддерживающая процессы управления качеством, обеспечивает как доверие клиентов, так и эффективность рабочего процесса управления данными, а также позволяет сократить расходы.

Но в конечном итоге, самые качественные и наилучшим образом управляемые данные имеют малую ценность, если они не доступны на национальном или на глобальном уровне. Ожидается, что политика обмена данными между правительствами принесёт большую пользу, в том числе³:

- повышение эффективности государственного обслуживания;
- улучшение качества данных;
- разработка инновационных видов обслуживания;
- создание новых бизнес-моделей;
- повышение уровня транспарентности и подотчётности;
- более активное участие населения.

Признавая, что ключом к успеху являются объединённые усилия в области технологии, политики и пропаганды, ВМО возглавляет Всемирную инициативу по данным о воде (ВИДОВ) совместно с правительством Австралии, Всемирным банком и ООН-Вода. ВИДОВ будет оказывать поддержку НГС и другим соответствующим участникам в совершенствовании и поддержании систем наблюдения за водой и управления данными.

Технология

Для обмена данными требуется наличие целого ряда технических систем и решений для обеспечения эффективного сбора, управления, контроля качества, хранения и спасения данных. Решения также должны обеспечивать заметность и доступность данных, а также обмен данными без чрезмерной нагрузки как на поставщиков данных, так и на пользователей.

Помимо ВИДОВ, ВМО модернизирует свой подход применительно к трём основным инициативам по

гидрологическому мониторингу в рамках смены парадигмы, касающейся стратегии ВМО в отношении системы Земли:

1. ГидроХаб ВМО/Всемирная система наблюдений за гидрологическим циклом (ВСНГЦ) в части инновационных систем мониторинга и сбора данных.
2. Технология для обмена данными в рамках Системы гидрологических наблюдений ВМО (СГНВ) в качестве гидрологического компонента Информационной системы ВМО (ИСВ) 2.0.
3. Глобальная система ВМО для оценки текущей гидрологической ситуации и её ориентировочного прогнозирования (ГидроСОП), которая оценивает состояние систем поверхностных и подземных вод на текущий момент и на ближайшее будущее.

Эти системы взаимосвязаны с другими инициативами ВМО, такими как Система оценки риска возникновения быстроразвивающихся паводков, Ассоциированная программа по управлению паводками (АПУП), инициатива «Климатические риски и система заблаговременных предупреждений» (КРСЗП) и Комплексная программа борьбы с засухой (КПБЗ), и встроены в общие рамки ИГСНВ, ИСВ и Глобальной системы обработки данных и прогнозирования (ГСОДП).

Информационно-просветительская деятельность

Существует огромное количество данных и исследований, которыми можно воспользоваться для обоснования необходимости сбора, хранения и обмена высококачественными гидрологическими данными. Однако правительствам приходится рассматривать множество других, конкурирующих между собой инвестиционных приоритетов. Поэтому, выступая в поддержку изменений, важно представить веские аргументы, подкреплённые такими инициативами, как Единая политика ВМО в отношении данных, и быть готовым активизировать деятельность в те моменты, когда она будет эффективной с большой степенью вероятности.

Деятельность в поддержку сбора данных и обмена данными должна охватывать различные вопросы (BoM, 2017):

- Какие учреждения и каким образом участвуют в управлении данными о воде?
- Какие соответствующие законы, политические рамки и потребности бизнеса регулируют их участие?
- Какие расходы несёт каждый участник сектора данных о воде?
- Какие имеются недостатки в сборе и распространении данных о воде?
- Какие недостающие технические компетенции необходимо восполнить и какие технологические пробелы необходимо устранить?
- Почему текущие механизмы управления водными данными не обеспечивают поддержку приоритетных целей в отношении управления водными ресурсами?

3 <https://www.europeandataportal.eu/en/using-data/benefits-of-open-data>

- Какие будут издержки упущенных возможностей, если не удастся реформировать текущие политические ориентиры?

Ответы на эти вопросы должны быть включены в технико-экономическое обоснование, чтобы проинформировать правительство о текущих недостатках в политических и институциональных условиях и убедить их, что предлагаемые изменения принесут пользу населению, а также региональным и глобальным повесткам дня. Такая стратегия прокладывает прагматичный, обоснованный и надёжный путь вперёд, который также может быть увязан с обязательствами правительства перед ВМО, ЦУР, Сендайской рамочной программой и другими инициативами.

Технико-экономическое обоснование должно продвигать изменения таким образом, чтобы сбалансировать интересы правительства и обеспечить поддержку со стороны различных групп. В идеале эти группы должны были быть вовлечены и убеждены в необходимости изменений путём предварительных консультаций на этапе разработки технико-экономического обоснования.

Обмен данными имеет много преимуществ, которые можно выделить, в том числе:

- правительства и общества улучшат свои знания о запасах воды и спросе на неё, которые будут служить в качестве основы для управления национальной водной безопасностью;
- деятельность НГС будет более эффективной благодаря многоцелевому использованию данных, способствующему развитию национальной и региональной экономики;
- имея множество пользователей, НГС привлекут к себе больше внимания и будут рассматриваться как надёжные, эффективные партнёры, влияющие на решения о распределении национального бюджета, и как претенденты на получение помощи от крупных доноров, которые охотнее сотрудничают со странами, предоставляющими свои данные для обмена;
- НГС могут улучшить свою систему спасения данных, например путём создания резервной базы данных в одном из центров данных ВМО;
- качество данных в целом будет выше благодаря использованию их большим количеством организаций и их перекрёстному сравнению по международным водным путям и системам подземных вод;
- НГС станут неотъемлемой частью комплексной картины системы Земля, предоставляя гидрологические данные для решения глобальных и локальных задач, таких как оценка климата, затопление прибрежных районов, прорывы ледниковых озёр и многих других проблем, требующих междисциплинарного подхода.

Эти преимущества необходимо соотнести с существующими рисками и препятствиями для обмена данными. Часто упоминаемые риски связаны с использованием данных за пределами их применимости, некачественным использованием или осуществлением цепочки создания стоимости данных и производной продукции неизвестными пользователями,

повреждением данных или неконтролируемыми изменениями. Стандартные процедуры оценки и управления рисками должны использоваться на всех этапах цепочки создания стоимости для обеспечения постоянной эффективности и результативности инвестиций, а также для того, чтобы правительство, другие инвесторы и бенефициары не подвергались неуправляемому риску, который может подорвать или разрушить доверие и поддержку.

Выводы, возможности и выгоды

Получение информации, пригодной для практического применения, является основной целью обмена данными. Всё более разрушительные бедствия, связанные с водой, требуют эффективных, современных и устойчивых информационных систем. Бездействие — это не вариант. ВМО вносит свой вклад в реализацию новой парадигмы для гидрологических данных. В качестве руководящего принципа гидрологические данные должны рассматриваться как глобальное общественное благо: водные проблемы носят глобальный характер, гидрологические данные также должны быть глобальными. Поскольку вода является ключевым компонентом системы Земля, гидрологические данные должны быть доступны различным пользователям, чтобы помочь решить водные проблемы на комплексной основе.

Гидрологический мониторинг является дорогостоящим, но современное проектирование сети позволит повысить эффективность, а включение всех возможных источников данных обеспечит высокую отдачу от инвестиций. Возможно, НГС захотят сотрудничать и обмениваться данными с другими поставщиками данных в научных кругах, частном секторе или объединениях граждан, чтобы получить более качественную информацию, более глубокое понимание водных ресурсов и системы Земля, а также более точные метеорологические, гидрологические и климатические прогнозы.

Потенциальные выгоды от обмена данными огромны, а связанные с этим риски можно смягчить. Единая политика ВМО в отношении данных является критически важным шагом в модернизации гидрологических служб. В ходе консультаций в течение следующих двух лет будут определены базовые и рекомендуемые гидрологические данные, опорные станции и адаптированы нормативные материалы.

Такие усилия являются экономически эффективными, и новая политика ВМО в отношении данных предоставляет прекрасную возможность для гидрологического сообщества. Она способствует оказанию поддержки НГС в вводе в действие, эксплуатации и обслуживании устойчивой, эффективной системы наблюдений, обслуживанию более широкого сообщества ВМО в рамках подхода к системе Земля, а также завоеванию авторитета и доверия.

**Список литературы доступен
в онлайн-режиме**

Преимущества мониторинга состава атмосферы и международного обмена данными

Йорг Клаузен, Метеорологическая служба Швейцарии, председатель Группы экспертов ВМО/ГСА по работе с данными о составе атмосферы; Клавдия Волощук, Оксана Тарасова и Стойка Нечева, Секретариат ВМО

Состав атмосферы и его изменения оказывают разнообразное влияние на нашу жизнь и окружающую среду. Например, повышение концентраций парниковых газов вызывает глобальное потепление, которое усиливает экстремальные явления погоды и приводит к закислению океана. Растущие уровни загрязнения воздуха представляют угрозу для здоровья человека, экосистем и сельскохозяйственной продукции. Чтобы понять состояние воздуха, которым мы дышим, происходящие в нём изменения, его воздействия и факторы, обуславливающие эти изменения, необходимы наблюдения за составом атмосферы и открытый обмен данными во всех секторах. Предполагается, что Единая политика ВМО в отношении данных будет способствовать дальнейшему укреплению и расширению этого обмена. Текст этого документа впервые включает данные о составе атмосферы в качестве важнейшей дисциплинарной области деятельности ВМО и устанавливает организационную политику для их обмена. В нём также чётко признаётся взаимодополняющий характер исследований и оперативной деятельности и взаимовыгодный обмен данными между двумя сообществами.

Глобальная служба атмосферы ВМО (ГСА) оказывает помощь государствам и территориям — Членам ВМО в наблюдениях за составом атмосферы и в обмене данными наблюдений. Однако данные о составе атмосферы производятся различными организациями внутри и за пределами национальных метеорологических и гидрологических служб (НМГС), включая национальные и субнациональные учреждения по охране окружающей среды, научные круги и частный сектор. Следовательно, обмен данными о составе атмосферы происходит далеко за пределами сообщества ВМО и вследствие этого новая политика ВМО в отношении данных вызывает большой интерес и весьма актуальна для ГСА.

Чтобы добиться цели Парижского соглашения относительно ограничения глобального потепления значительно меньше 2°C, многие страны пообещали перейти к нулевым выбросам парниковых газов. Без доступа к данным наблюдений за атмосферой и обмена ими мы бы не узнали о повышении концентраций парниковых газов с начала индустриализации и не

смогли бы проследить за последующим развитием или идентифицировать очаги выбросов для принятия мер.

Важные области применения данных о составе атмосферы

Многолетние измерения параметров атмосферы являются важными для обоснования и поддержки политики, а также для того, чтобы в конечном счёте показать успешность принимаемых мер. Например, многолетние данные о составе атмосферы подтверждают начало восстановления озонового слоя, что является примером успешных действий по охране окружающей среды. Истощение стратосферного озона было одной из экологических проблем, которые привели к подписанию Монреальского протокола в 1987 году с целью поэтапной ликвидации веществ, разрушающих озоновый слой. Об успехе этого договора можно судить по восстановлению озонового слоя в верхней стратосфере за пределами полюсов со скоростью 1–3 % за десять лет (WMO, 2018a). Наблюдения за озоноразрушающими веществами, стратосферным озоном и ультрафиолетовым (УФ) излучением обеспечивают данные наблюдений в поддержку Протокола. Наблюдения проводятся с использованием разнообразных методов и приборов с земли и из космоса. Вертикальные профили озона измеряются с помощью озонзонда. Пример озонзонда при подготовке к запуску показан на рис. 1. Анализ многолетних и прошедших контроль качества наблюдений за хлорфторуглеродом ХФУ-11 показал замедление темпов снижения его концентраций в атмосфере после 2012 года, что связано с повышением глобальных выбросов, поступающих из восточной Азии (Montzka et al., 2018; WMO, 2018b).

Концентрации парниковых газов также документально подтверждаются многолетними измерениями по всему земному шару. Глобальный анализ этих наблюдений, представленный в ежегодном Бюллетене ВМО по парниковым газам (см. рис. 2), показывает, что двуокись углерода (CO₂) превысила уровень 400 млн⁻¹ на всех станциях ГСА в Северном полушарии в 2014 году. Такая же информация содержится в Бюллетене за 2016 год, когда в отдалённых точках Южного полушария, таких как глобальная



Рисунок 1. Наблюдение озона в Ушуае, Аргентина. Озонзонды измеряют озон и метеорологические переменные на разных высотах по мере подъёма зонда до тех пор, пока шар-пилот не лопнет (Источник: Лино Кондори).

станция ГСА «Кейп Грим», эта отметка также была превышена. В 1989 году, когда была создана ГСА, средняя глобальная концентрация CO_2 составляла 353 млн^{-1} .

Плохое качество воздуха связано с атмосферными загрязнителями (аэрозоли и химически активные газы), что, по оценкам, ежегодно является причиной семи миллионов преждевременных смертей по всему миру (Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ), 2016). Данные об аэрозолях и химически активных газах важны для определения серьёзных угроз здоровью, и они используются в оценках Глобального бремени болезней (Shaddick et al., 2021). Данные наблюдений также используются

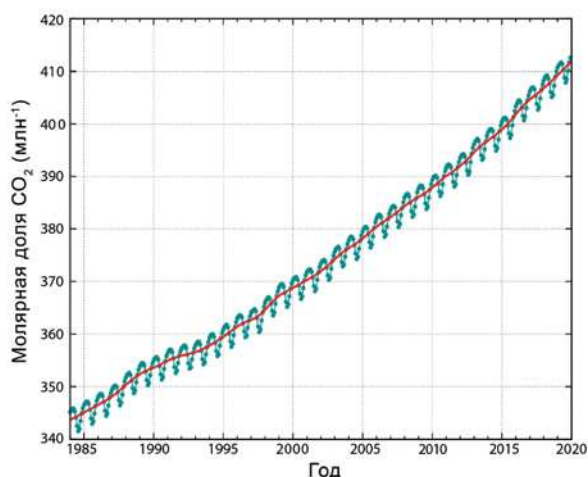


Рисунок 2. Глобально усреднённая доля CO_2 . Красной линией показано среднемесячное значение без учёта сезонных колебаний; синие точки и синяя линия отображают среднемесячные значения. Для анализа использовались данные 133 станций. Данные предоставляет и анализирует Мировой центр данных по парниковым газам, находящийся в ведении Японского метеорологического агентства (Источник: Бюллетень ВМО по парниковым газам № 16, 2020 г.).

для контроля соблюдения стандартов качества воздуха и для слежения за изменениями численности загрязнителей в результате проводимой политики (UNECE, 2016). Предоставление таких данных во времени, близком к реальному, имеет важнейшее значение для повышения точности прогнозов, для систем раннего предупреждения и для принятия мер по смягчению последствий.

Помимо последствий для здоровья, загрязнение воздуха оказывает существенное влияние на сельское хозяйство из-за чрезмерного осаждения компонентов азота и серы, а также озона. Приземный озон является одним из основных загрязнителей воздуха, влияющих на урожайность; при этом ежегодные глобальные потери ведущих сельскохозяйственных культур (пшеница, рис, кукуруза и соя), по оценкам, составляют от 3 до 16 %, или 14–26 млрд долларов США (Avnery et al., 2011; Mills et al., 2018). Механизмы, за счёт которых озон влияет на растения и сельскохозяйственные культуры, хорошо изучены с точки зрения качества, но плохо поддаются количественной оценке. На рис. 3 показано повреждение культуры озоном.

Ряд нестойких загрязнителей также влияет и на климат, например озон и аэрозоли. Помимо других разных воздействий, они вносят вклад в радиационное воздействие. Например, дымовые аэрозоли, связанные с пожарами, влияют на радиацию и тем самым на прогноз погоды (описано в Бюллетене ВМО по аэрозолям (ВМО, 2021b)). Чтобы лучше понимать их различные воздействия на климатическую систему, крайне важно также проводить наблюдения за нестойкими загрязнителями.

Источники данных о составе атмосферы и требования

Как указано ранее, подготовка данных о составе атмосферы осуществляется в НГМС и других организациях. Обычно наблюдения за контролируемые загрязнителями проводятся агентствами по



Рисунок 3. Ущерб, наносимый озоном сельскохозяйственным культурам. Ущерб возрастает при продолжении воздействия озона: вначале уровень ущерба невелик (слева), затем симптомы усугубляются (в центре и справа) (Источник: К. Шарпс, ICP Vegetation)

защите окружающей среды. Высококачественные наблюдения с исследовательскими целями, включая ограниченные по времени измерения, проводятся научно-исследовательскими институтами и университетами. Наземные измерения *in situ* дополняются измерениями *in situ* с самолётов (например ИАГОС), а также дистанционным зондированием, как наземным, так и спутниковым. Недавно появились новые источники данных, связанные с гражданской наукой, и данные из этих источников всё чаще получают с помощью недорогих датчиков (WMO, 2021a).

Сбор данных наблюдений должен осуществляться таким образом, чтобы обеспечить сопоставимость данных из различных источников для получения согласованной на глобальном уровне продукции и понимания пространственно-временных изменений состава атмосферы. С этой целью ГСА разрабатывает руководящие принципы для осуществления измерений и средства обеспечения и контроля качества. Краткая сводка данных Мирового центра данных по парниковым газам служит примером информации, которую можно получить на основе такой согласованной продукции. На рис. 4 показана эволюция во времени и географическое распределение CO_2 . Помимо явно заметного увеличения CO_2 с течением времени, показаны более низкие концентрации CO_2 в Южном полушарии, а также менее выраженный сезонный цикл, чем в Северном полушарии, из-за меньшей площади суши и, следовательно, меньшей растительности.

Несмотря на рост сети наблюдений ГСА, остаются существенные пробелы (Laj et al., 2019). Большие территории земного шара не имеют инфраструктуры для наблюдений. По политическим, коммерческим и организационным причинам, а также из-за отсутствия возможностей, данные некоторых наблюдений не доходят до международного сообщества. На рис. 5 показана ограниченная доступность измерений на примере сравнения результатов реанализа и измерений озона ГСА. В рамках Оценочного доклада о тропосферном озоне предприняты

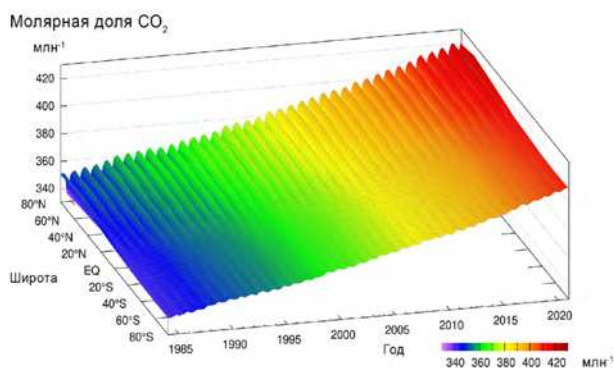


Рисунок 4. Изменение зонально усреднённых среднемесячных молярных долей CO_2 . Зонально усреднённые молярные доли были рассчитаны для каждой 20° зоны (Источник: Мировой центр данных по парниковым газам (ЯМА, 2020 г.))

большие усилия по сбору всех имеющихся данных для глобальной оценки различных показателей, исследуемых разными сообществами пользователей (Lewis, 2017). Это первый важный шаг к повышению доступности данных, даже если исходные данные не предоставляются, и он свидетельствует о большом количестве существующих данных, которые используются не в полной мере.

Одной сложной проблемой является доступность данных, а другой — качество данных наблюдений. Некоторые данные наблюдений поступают без какой-либо сопутствующей информации об их качестве, что препятствует их полноценному использованию. Требования к этим данным диктуются качеством конечной продукции и обслуживания, предоставляемого на её основе, и касаются не только качества самих данных наблюдений, но и своевременности их предоставления. Потребности в данных о составе атмосферы определяются с помощью трёх целевых областей применения в рамках расширенного регулярного обзора потребностей ВМО и включены в ряд других областей применения. Например, мониторинг состава атмосферы охватывает области применения, связанные с оценкой распределения и анализом пространственно-временных изменений состава атмосферы в региональном и глобальном масштабах. Такие области применения требуют очень низких уровней неопределённости и хорошего глобального или регионального охвата данными, тогда как требования к своевременности обмениваемых данных могут быть довольно мягкими и при этом обеспечивать высокое качество данных наблюдений.

В отличие от этого, прогнозирование изменений состава атмосферы и связанных с ними последствий для окружающей среды охватывает области применений глобального и регионального масштабов с горизонтальным разрешением, подобным разрешению глобального численного прогноза погоды

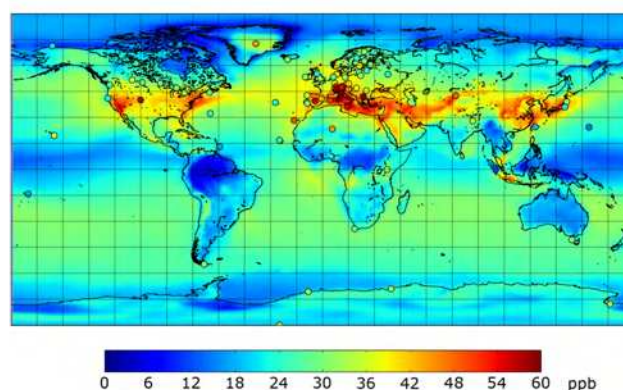


Рисунок 5. Глобальное распределение концентраций приповерхностного озона, измеренных станциями сети ГСА (2000–2009 гг.), наложенное на смоделированные концентрации озона на основе реанализа мониторинга климата и состава атмосферы (2003–2010 гг.). Среднемесячное значение за июль (Источник: Отчёт ГСА 209 (ВМО, 2013))

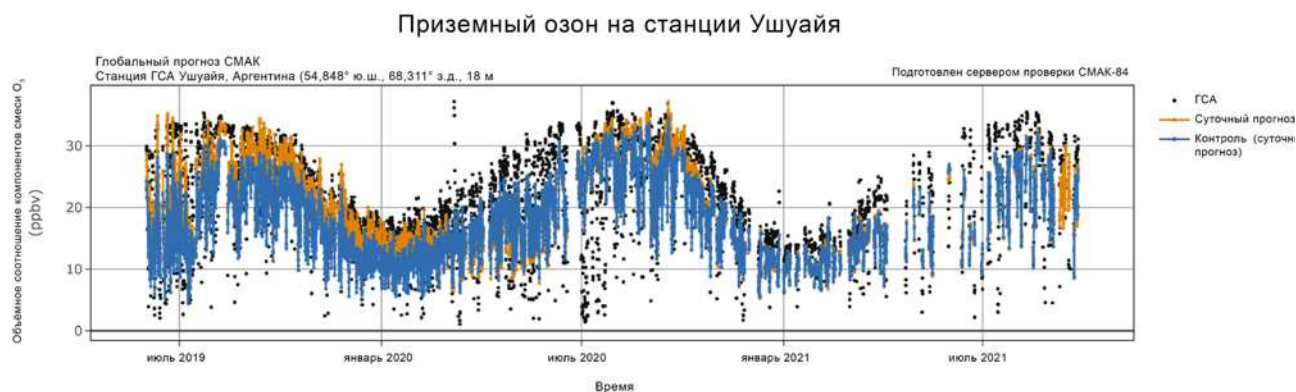


Рисунок 6. Проверка во времени, близком к реальному, прогноза приземного озона, полученного с помощью системы мониторинга атмосферы, действующей в рамках программы «Коперник» (СМАК,) с использованием данных со станции ГСА Ушуйя, Аргентина. СМАК использует данные об озоне с 15 станций ГСА для проверки во времени, близком к реальному (Eskes et al., 2021) (Источник: Оценка глобальных прогнозов ЕЦСПП/СМАК)

(примерно 10 км и больше), и жёсткими (во времени, близком к реальному) требованиями к своевременности. Неопределённость данных наблюдений, обмениваемых с целью прогнозирования, может быть выше, чем для мониторинга. Этот тип применений поддерживает, например, предупреждения о песчаных и пыльных бурях, прогноз туманной дымки и метеорологические прогнозы распространения химических веществ. Пример проверки прогноза во времени, близком к реальному, показан на рис. 6. Конкретный набор требований, касающихся неопределённости, своевременности, пространственного представления и плотности, относится к городским областям применений, нацеленных на мегаполисы и крупные городские комплексы. При таких применениях необходимо горизонтальное разрешение в несколько километров и меньше, а в некоторых случаях предъявляются жёсткие требования к своевременности предоставления данных. Отличительной чертой этой категории применений является акцент на исследованиях в поддержку оперативного обслуживания, такого как прогнозирование качества воздуха, при котором используются такие подходы, как экспериментальные проекты и демонстрация возможностей. Помимо упомянутых здесь областей, многие другие области применения опосредованно получают пользу от данных о составе атмосферы. Например, данные о составе атмосферы повышают качество оценки радиационного воздействия в численных прогнозах погоды и проекциях климата (ВМО, 2021b).

Управление и обмен данными о составе атмосферы

Подход к обмену данными о составе атмосферы зависит в основном от двух факторов: от организации, которая производит данные, и от национальной политики в области обмена данными. Наблюдения, производимые правительственными учреждениями с использованием государственного финансирования,

часто согласуются с принципами открытых данных, когда данные предоставляются бесплатно посредством государственных порталов. К ним относятся данные о загрязнении для соблюдения национальных и международных норм качества воздуха с обязательствами по предоставлению отчётности.

Для научного сообщества данные являются интеллектуальной собственностью и часто предоставляются лишь после опубликования соответствующих статей, что может произойти спустя длительное время после проведения измерений. Университеты, научно-исследовательские институты и другие организации обычно собирают эти данные в течение ограниченного периода времени. В целом эти данные вносят значительный вклад в работу сообщества ВМО, занимающегося оперативной деятельностью, хотя во многих случаях это не является основной целью сбора данных. Сообщество по исследованию состава атмосферы приняло в целом так называемые принципы F.A.I.R. (Findable (удобные для поиска), Accessible (доступные), Interoperable (функционально совместимые), Reusable (пригодные для повторного использования)). Однако принципы F.A.I.R. явным образом не содействуют открытому и неограниченному доступу, и, если это необходимо, такие условия должны быть чётко сформулированы: данные должны быть открытыми как в техническом (т.е. доступными в машиночитаемом стандартном формате, пригодном для обработки компьютерной программой), так и в правовом отношении (т.е. должна быть чётко сформулированная лицензия на право коммерческого и некоммерческого использования и повторного использования без ограничений).

Данные исследований обычно хранятся в специализированных хранилищах данных или в архивах на основе облачной платформы. В связи с тем, что одна и та же исследовательская инфраструктура используется несколькими проектами, инициативами и программами, дублирование данных во многих архивах представляет серьёзную проблему,

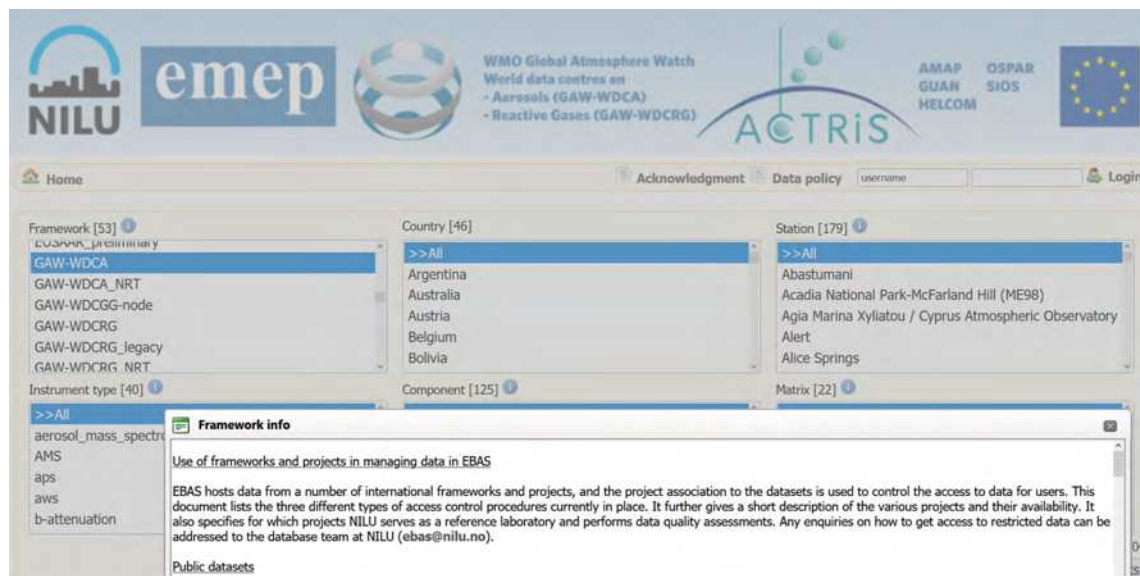


Рисунок 7. В рамках спонсируемых ВМО порталов метаданных ОСКАР/Поверхность и СИСГСА учитываются многочисленные организационные структуры, имеющие программы/сети наблюдений. Похожая концепция реализуется в Норвежском институте исследования воздуха (НИЛУ). В НИЛУ располагается одна из многочисленных организационных структур — Мировой центр данных ГСА по аэрозолям и химически активным газам. Данные могут быть связаны с несколькими структурами, при этом удаётся избежать многократного представления данных (Источник: НИЛУ)

которая в настоящее время обсуждается сообществом. Хранилища метаданных, позволяющие использовать данные нескольких проектов/сетей, рассматриваются в качестве одного из возможных решений, позволяющих избежать многократного представления данных (см. рис. 7). Ведение этих архивов также представляет серьёзную проблему с точки зрения финансирования и управления быстро растущими объёмами данных. Кроме этого, широко используются цифровые идентификаторы объектов (ЦИО), которые обеспечивают прозрачность, прослеживаемость и идентификацию, особенно при взаимодействии между сообществами, занимающимися оперативной, исследовательской и прикладной деятельностью. Дальнейшие технологические разработки, связанные с лицензированием данных, которые позволили бы признать право собственности на данные и первоисточники, поддержат исследователей в том, чтобы осуществлять обмен данными максимально свободно. Нельзя не отметить, что индивидуальные лицензии и ограничения могут привести к непростой ситуации, когда лицензии можно будет «складывать в штабеля».

Доступ к коммерческим данным и данным, относящимся к гражданской науке, значительно меньше структурирован и даже может предоставляться по подписке. Проекты в рамках гражданской науки обычно имеют специальные веб-сайты. Однако часто существует различие между обменом исходными и обработанными (продукция, диаграммы) данными, причём обмен последними осуществляется в значительно более открытом формате, чем обмен исходными данными. Это может существенно

ограничить потенциальные возможности для оценки качества базовых исходных данных.

Сбор, контроль качества и публикация данных станций наблюдения ГСА осуществляется специализированными Мировыми центрами данных. Существует также ряд содействующих центров, предоставляющих данные содействующих сетей. Метаданные имеются в Системе информации о станциях ГСА (СИСГСА), являющейся частью системы ОСКАР/Поверхность. Эти центры данных работают над упорядочением процедур представления данных и доступа к ним и продолжают эту деятельность в рамках общей концепции объединённой системы управления данными ГСА, которая позволит получить полностью функционально совместимый доступ ко всем данным ГСА. Пример информации о данных, имеющихся в Мировом центре данных об озоне и УФ-излучении (МЦДОУФ), показан на рис. 8. ГСА продолжит поддерживать связь с другими заинтересованными организациями (содействующими и исследовательскими сетями, космическими агентствами, агентствами по окружающей среде и др.), чтобы упорядочить форматы метаданных и данных и таким образом способствовать использованию данных ГСА и других данных в различных областях применения (WMO, 2017).

Регистрация и идентификация являются условиями, которые не ограничивают допуск и повторное использование, но могут иметь критически важное значение для мотивации научного сообщества к предоставлению своих данных для обмена. Без ссылок и документального подтверждения того,

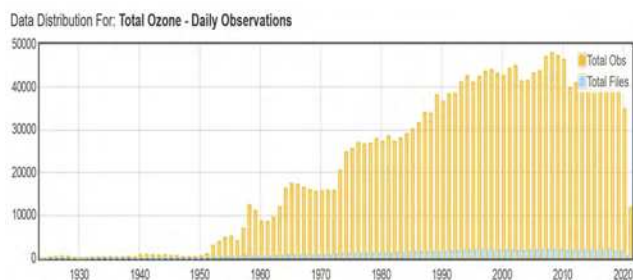


Рисунок 8. Информация об имеющихся данных на сайте «Поиск/загрузка данных» Мирового центра данных об озоне и УФ-излучении (Источник: МЦДОУФ)

что данные используются, научному сообществу трудно продемонстрировать ценность своих данных финансирующим их организациям. Права на интеллектуальную собственность могут быть гарантированы посредством лицензирования данных, которое определяет право пользования и обеспечивает пользователям правовую безопасность. Это позволяет пользователям из научно-образовательной сферы и частного сектора создавать эффективные сценарии использования и бизнес-модели, основанные на конкретных правах пользования.

Преимущества Единой политики ВМО в отношении данных

Широкая реализация Единой политики ВМО в отношении данных весьма важна для успешного предоставления многих видов обслуживания, связанного с составом атмосферы. Как и в других случаях, описанных в [статье 2](#) и в [статье 9](#), для усовершенствованного своевременного прогнозирования экстремальных явлений, а также для поддержки политики в отношении окружающей среды, требуется открытый международный обмен данными. Реализация Единой политики ВМО в отношении данных может способствовать прогрессу во многих областях применения — от совершенствования прогнозов качества воздуха до поддержки механизмов транспарентности под эгидой Рамочной конвенции об изменении климата ООН (РКИК ООН). Для эффективного использования данных в конкретных областях применения необходимо знать качество данных. Тщательная оценка неопределённости данных обеспечивает полезную дополнительную информацию о пригодности данных для конкретного вида обслуживания. Доступность данных во времени, близком к реальному, важна для таких сфер применения, как прогнозы и предупреждения, которые должны выпускаться своевременно. Для других областей применения, например для реанализа и анализа трендов, своевременность обмена данными менее важна.

Принятие этой политики многими организациями Членов ВМО, помимо НМГС, обеспечит полноценную и экономически эффективную реализацию

достижений применительно к обслуживанию и политике в области окружающей среды.

Необходимо усовершенствовать обмен данными между сообществом ВМО, занимающимся оперативной деятельностью, и научным сообществом. Научно-исследовательские проекты часто требуют доступа к внешним данным и обслуживанию в области окружающей среды, включая прогностическую информацию и ряды данных наблюдений, поэтому существует закономерная взаимозависимость между исследованиями и оперативной деятельностью. Научное сообщество может не иметь доступа или влияния на оперативные данные (данные наблюдений и выходные результаты моделей) или форматы данных, что затрудняет функциональную совместимость данных, их интерпретацию и научный прогресс. Желательно упорядочить протоколы обмена данными. ВМО может предложить научному сообществу рекомендации относительно протоколов обмена данными (стандарт метаданных ИГСНВ и инфраструктура ИСВ), чтобы оптимизировать ценность данных, полученных в результате исследований, хотя очевидные преимущества этого предложения нужно представить научному сообществу. В свою очередь ВМО должна облегчить доступ к оперативным данным для более широкого сообщества, подчёркивая взаимную выгоду от обмена данными как для академических, так и для сообществ, занимающихся оперативной деятельностью, в целях углубления общего понимания и знаний о системе Земля.

Текущая политика ВМО широко известна в научном сообществе, но этому сообществу необходимы чёткие указания по вопросу лицензий, а также чёткие определения терминов «базовые» и «рекомендуемые» данные. Лицензирование, вероятно, станет критически важным фактором успеха в плане содействия облегчению обмена данными между Членами ВМО за пределами традиционного сообщества НМГС. Стандартизация лицензий на данные ВМО может оказать существенную помощь в восприятии Единой политики ВМО в отношении данных. Приведение политики ВМО в отношении данных в соответствие с существующими лицензиями (такими как Creative Commons, широко используемыми в научном сообществе) поможет обеспечить её принятие в академических кругах и частном секторе и предотвратить существующие препятствия для пользователей.

Независимо от того, насколько своевременными или точными являются требования к данным для конкретной области применения, общее требование заключается в том, чтобы данные вообще были доступны. ВМО имеет все возможности для того, чтобы использовать опыт, накопленный за долгую историю оперативного обмена данными, и распространить его также на данные о составе атмосферы.

[Список литературы доступен в онлайн-режиме](#)

Глобальная система наблюдений за океаном: океаны данных для прогнозирования системы Земля

Сид Терстон, Программа глобального мониторинга и наблюдения за океаном НУОА, США; Эмма Хеслоп, Межправительственная океанографическая комиссия (МОК) ЮНЕСКО; Тосте Танхуа, Центр океанических исследований имени Гельмгольца ГЕОМАР, Киль, Германия; Р. Венкатёсан, Национальный институт океанических технологий, Индия; Матье Бельбеох, Виктор Турпин, Мартин Крамп и Лонг Цзян, ОкеанОПС, Франция

«Если вам нравится ваш прогноз погоды на 7 дней, поблагодарите океанографа». — Крейг МакЛин, исполняющий обязанности главного научного сотрудника Национального управления по исследованию океана и атмосферы (НУОА), США; подкомитет по окружающей среде Комитета Палаты представителей по науке, космосу и технологиям, июнь, 2021 год.

Океан влияет на всех нас. Он покрывает более двух третей поверхности Земли. Он оказывает влияние на нашу повседневную жизнь и широкий спектр экономических секторов — от сельского хозяйства и морской и прибрежной деятельности до туризма, строительства и страхования. Как ключевой компонент климатической системы он оказывает непосредственное влияние на погодные условия по всему земному шару, в том числе и в районах, расположенных за тысячи километров от ближайшего побережья. Это лишь некоторые причины, по которым Глобальная система наблюдений за океаном (ГСНО) имеет критически важное значение для совершенствования продукции и обслуживания, предоставляемых ВМО.

Наблюдения за океаном необходимы для выполнения ВМО своих функций для поддержки предоставления и использования Членами высококачественной и достоверной информации и обслуживания в области метеорологии, климатологии, гидрологии и соответствующих компонентов окружающей среды для повышения благосостояния всех стран. В частности, поскольку общество сталкивается с последствиями изменения климата, потребуется больше данных об океане для более эффективной адаптации и прогнозирования экстремальных погодных и климатических явлений, таких как засуха, наводнения, лесные пожары, тепловые волны и тропические циклоны.

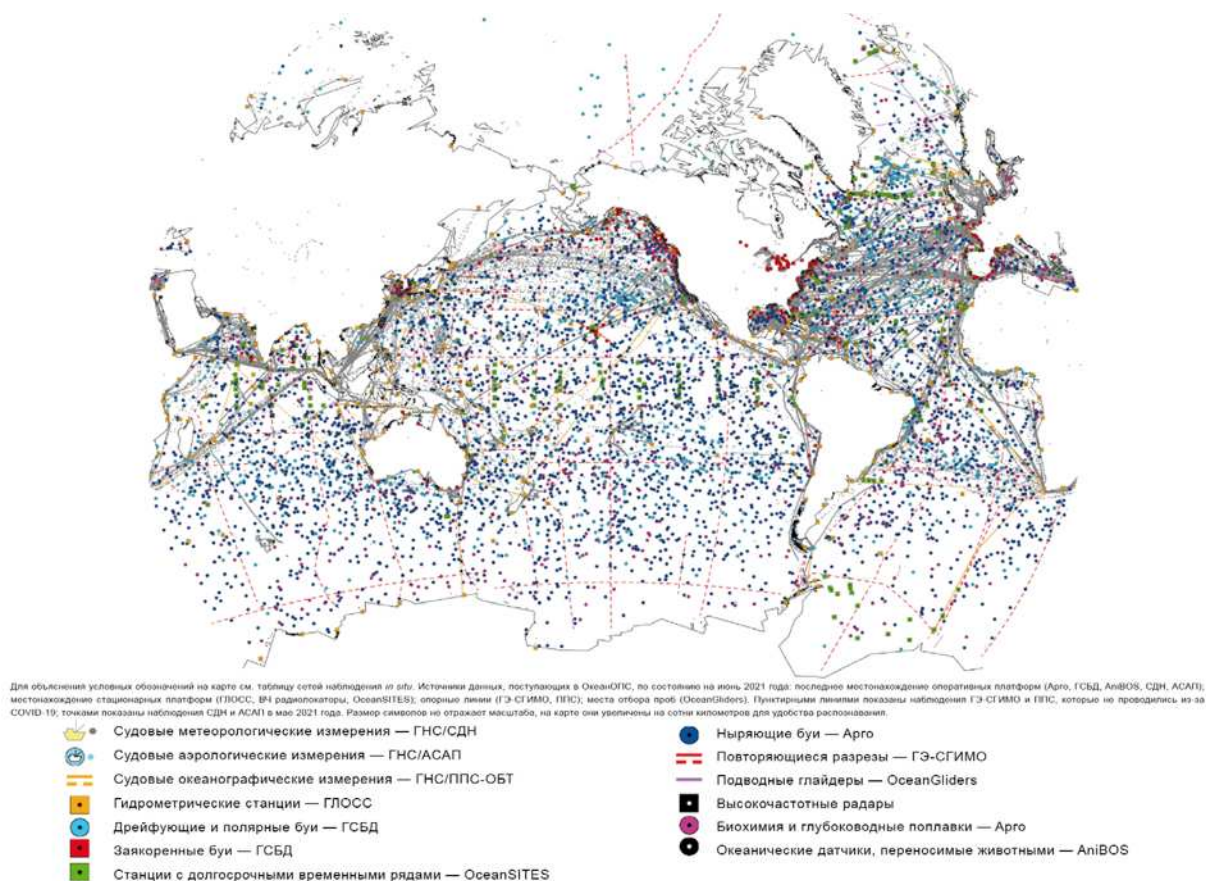
Важность данных об океане была подчеркнута в выводах последнего Оценочного доклада Межправительственной группы экспертов по изменению климата (ОД6¹ МГЭИК, август 2021 года). Наблюдаемые изменения нескольких параметров

океана, влияющих на такие явления, как волны тепла, частота ураганов и наводнения, занимают в докладе важное место. С 1980 года температура поверхности моря повысилась на 0,6°C, способствуя избыточному теплосодержанию океана, увеличению примерно в два раза частоты морских волн тепла, которые также стали более интенсивными, и повышению уровня моря, в то время как площадь арктического льда уменьшается. До 2050 года Северный Ледовитый океан, вероятно, будет практически свободен ото льда во время сезонного минимума морского льда. Закисление океана усиливается в результате поглощения выбросов двуокиси углерода и распространяется в глубь океана, вызывая изменения в химическом составе солёной воды.

В нынешних условиях трудно переоценить значение ГСНО как глобальной системы устойчивых наблюдений за океаном. При совместном спонсорстве ВМО, Межправительственной океанографической комиссии (МОК) ЮНЕСКО, Программы ООН по окружающей среде (ЮНЕП) и Международного научного совета (МНС) эта программа возглавляет, поддерживает и координирует долгосрочные, устойчивые наблюдения за океаном в интересах климата, оперативных служб и здоровья океана. В течение трёх десятилетий ГСНО координирует наблюдения *in situ* через широкий спектр глобальных, национальных и региональных инициатив, проектов и систем наблюдения за океаном.

Сегодня развитие системы ГСНО и внедрение инноваций в соответствии с комплексным подходом к системе Земля и в соответствии со стратегическим планом ВМО имеют критически важное значение для улучшения метеорологического, климатического и гидрологического обслуживания и продукции

1 Рабочая группа 1 [Шестой оценочный доклад](#).



Членов ВМО. Чтобы поддержать усилия ГСНО по развитию и внедрению инноваций, в этой статье даётся пять рекомендаций. Эти рекомендации, если они будут выполнены, не только помогут ГСНО принять комплексный подход к системе Земля, но и ускорят применение океанических наблюдений в оперативной деятельности ВМО и предоставление данных для улучшения прогнозов погоды и климата, особенно для экстремальных явлений.

1. Дополнить Глобальную опорную сеть наблюдений (ГОСН) ВМО *глобальной базовой системой наблюдений за океаном*. Эта «базовая» система наблюдений за океаном будет разработана, чтобы удовлетворить приоритетные потребности ВМО в наблюдениях и обмене данными; сосредоточиться на путях обеспечения устойчивого осуществления; и развиваться в соответствии с оперативными и научными движущими факторами.
2. Взаимодействовать с *Программой ГСНО по совместному проектированию океанических наблюдений* и поддерживать её с целью создания системы, отвечающей потребностям обслуживания, предоставляемого ВМО; например разработать *образцовый* проект, ориентированный на область использования ВМО.
3. Принять принципы FAIR (Findability (удобный поиск), Accessibility (доступность), Interoperability (функциональная совместимость), Reusability (пригодность для повторного использования)) для данных об океане, чтобы учесть разнообразие систем наблюдения за океаном и систем управления данными.

4. Укреплять связи, сотрудничество и координацию между соответствующим контактным лицом в Национальной метеорологической и гидрологической службе (НМГС) и национальными координаторами ГСНО.
5. Расширять сотрудничество и координацию между региональными альянсами ГСНО (ГРА) МОК и региональными ассоциациями ВМО (РА) в целях совершенствования разработки и сбора данных наблюдений за океаном для применения в рамках ВМО.

С 1991 года ГСНО постепенно создаёт обширную глобальную систему наблюдений за океаном на основе вклада большого числа организаций и правительств, от чего выигрывают все страны мира. В первые два десятилетия своего существования ГСНО уделяла более пристальное внимание развитию, чтобы поддержать науку о климате и выступить в качестве основы для наблюдений, необходимых для оперативных систем прогнозирования. В 2012 году её успешное развитие в сочетании с растущей озабоченностью здоровьем океанов и спросом на информационную продукцию, помогающую странам управлять экономикой океанов, послужило толчком к разработке перспективной Рамочной основы для наблюдений за океаном (РОНО). С тех пор ГСНО руководит осуществлением РОНО с целью предоставления пользователям обслуживания в секторах климата, оперативного обслуживания и здоровья океана, уделяя всё больше внимания прибрежным и региональным морям.

ГСНО работает в интерактивном режиме с сообществом, занимающимся наблюдениями за океаном, для определения важнейших океанических переменных (ВОкП) и важнейших климатических переменных (ВКлП) на основе оценки возможности применения и оценки воздействия. Наблюдения за ВОкП и ВКлП необходимы для научных оценок изменения климата и здоровья окружающей среды в целях прогнозирования состояния окружающей среды и адаптации к изменению климата, а также для поддержки более эффективной защиты экосистем. (Более подробно ВКлП рассматриваются в [статье 5](#)).

Устойчивость и надёжность распространения данных о ВОкП имеют большое значение для предоставления океанического обслуживания. Около

30 ВОкП примерно поровну распределены между физической, биогеохимической и биологической/экосистемной областями. Физические ВОкП определены в проекте [Единой политики ВМО в отношении данных](#) как «базовые данные», что означает, что Члены обязаны обмениваться ими, в то время как все остальные биогеохимические (БГХ) и био/эко ВОкП классифицируются как «рекомендуемые данные», которыми Членам следует обмениваться для поддержки деятельности по мониторингу и прогнозированию системы Земля.

Сегодня Группа по координации наблюдений ГСНО (ГКН ГСНО) совместно с Объединённым центром ВМО-МОК по поддержке программ океанографических и морских метеорологических наблюдений

			Осуществление		Предоставление обслуживания ВМО		
			Текущее состояние ¹	Климат	Здоровье океана ²	Экстремальные явления погоды ³	Прогноз погоды
	Ныряющие буи — Арго	★★★	★★★				
	Биохимия и глубоководные буи — Арго	★	В стадии становления				
	Дрейфующие и полярные буи — ГСБД	★★★	★★★				
	Заякоренные буи — ГСБД	★★★	★★★				
	Судовые метеорологические измерения — ГНС/СДН	★★★	★★★				
	Судовые океанографические измерения — ГНС/ППС-ОБТ	★★★	★★★				
	Судовые аэрологические измерения — ГНС/АСАП	★★★	★★★				
	Гидрометрические станции — ГЛОСС	★★★	★★★				
	Океанические датчики, переносимые животными — AniBOS	★★★	★★★				
	Повторяющиеся разрезы — ГЭ-СГИМО	★★★	★★★				
	Станции с долгосрочными временными рядами — OceanSITES	★★★	★★★				
	Высокочастотные радары	★★★	★★★				
	Подводные глайдеры — OceanGliders	★★★	★★★				

1) Текущее состояние: текущее состояние по сравнению с целевым показателем для сети.

2) Направление деятельности, связанное со здоровьем океана, объединяет наблюдения, подтверждающие оценку биологического и геохимического состояния океана.

3) Экстремальные погодные явления включают в себя волны тепла, ураганы и наводнения.

Ныряющие буи: в настоящее время работают 4000 автономных буёв, профилирующих океан до глубины 2000 м, отбирающих пробы температуры и солёности для климатических и сезонных прогнозов, а также для оценки теплосодержания океана / * Появляются задачи, связанные с глубоководными и биогеохимическими наблюдениями с тем, чтобы расширить возможности буёв по глубине (до 6000 м) и по способности выполнять биогеохимические наблюдения.

Дрейфующие и полярные буи: 1500 дрейфующих буёв, осуществляющих наблюдение за атмосферным давлением у поверхности, температурой и течениями в Мировом океане; крайне важны для подготовки глобальных и региональных прогнозов погоды.

Заякоренные буи: сеть из примерно 400 заякоренных буёв, которые ведут наблюдения за многочисленными атмосферными и океанографическими параметрами, в основном в прибрежных и тропических районах, с целью подготовки регионального прогноза погоды и выполнения работ в океане.

Судовые метеорологические измерения: большой флот судов добровольного наблюдения, которые измеряют морские метеорологические параметры для прогнозирования

морской погоды и обеспечения безопасности на море; наблюдения ведутся на протяжении 150 лет и также используются в климатических исследованиях.

Судовые океанографические измерения: Программа попутных судов сосредоточена на измерениях, проводимых по ходу движения судов добровольного наблюдения, включая температурные профили ОБТ до глубины 1000 м, температуру поверхности моря, солёность и pCO_2 на повторяющихся разрезах или опорных линиях.

Судовые аэрологические измерения: используя добровольные суда, автоматизированная судовая аэрологическая программа осуществляет сбор данных об аэрологических профилях для оперативных применений и глобальных климатических исследований.

Гидрометрические станции: сеть из 290 станций наблюдения за уровнем моря, поддерживающая высококачественные долгосрочные временные ряды об уровне моря для климатических исследований, морских оперативных пользователей и выпуска предупреждений об опасных явлениях.

Океанические датчики, переносимые животными: сеть приборов, установленных на морских животных, для получения океанических профилей температуры и солёности, а также поведенческих данных для устойчивого управления.

Повторяющиеся разрезы: Исследовательские суда обеспечивают высокое качество данных, собранных на всей глубине и ширине океана на опорных линиях, повторяющихся каждое десятилетие. Они используются как эталон для калибровки приборов, также для климатических исследований, таких как изучение углеродного цикла и морской биогеохимии, и служат основой применений в сфере науки.

in situ (ОкеанОПС) укрепляют и координируют деятельность 12 глобальных сетей наблюдений за океаном. В этом исключительно сложном мероприятии задействованы почти 10 000 оперативных платформ наблюдения, обязавшиеся предоставлять данные в свободном доступе с качеством и сроком предоставления, пригодных для пользовательских применений. Данные наблюдений включают атмосферные переменные над океаном (такие как давление на поверхности моря, температура поверхности моря, влажность и давление ветра) из каждого района океана, включая недостаточно изученные районы (такие как полюса и Южный океан). Эти 12 глобальных и взаимодополняющих сетей наблюдения за океаном находятся в ведении более чем 80 стран. Сети включают суда, как научные, так и торговые, поверхностные и подводные мобильные приборы, а также стационарные платформы.

Группа технической координации в ОкеанОПС поддерживает осуществление глобальной системы путём интеграции и упорядочения метаданных — основной информации о данных, которая упрощает их поиск и использование. Такое управление метаданными позволяет осуществлять точный мониторинг текущей деятельности по наблюдению за Мировым океаном и обеспечивает предоставление данных и метаданных заинтересованным сторонам.

С другой стороны, ГКН ГСНО поддерживает глобальную систему посредством работы с 12 международными сетями наблюдений за океаном с целью создания общих стратегий в восьми областях, которые включают управление данными, передовую практику, количественные показатели, развитие потенциала и требования. Эти общие стратегии направлены на укрепление 12 сетей, помогают управлять ростом системы и развивать межплатформенную реализацию.

Региональные органы также играют определённую роль в управлении ГСНО. Региональные альянсы ГСНО (ГРА), созданные Региональным советом ГСНО в 1994 году, имеют полномочия на то, чтобы обеспечить связь между «глобальным уровнем и региональными и национальными уровнями». Процесс реформирования ВМО предоставил ГРА и региональным ассоциациям (РА) ВМО возможности для совместной работы по общим вопросам, связывающим океан с метеорологией, посредством создания Совместного совета по сотрудничеству между ВМО и МОК (ССС).

Замечание о спутниковых наблюдениях: хотя в данной статье основное внимание уделяется компоненту наблюдений за океаном *in situ*, важно также признать влияние весьма значительных инвестиций в наблюдения за океаном из космоса. С момента запуска первых спутников наблюдения за Землёй в конце 1970-х годов отмечается значительное развитие данных дистанционного зондирования океана — от альтиметрии, цвета океана и температуры морской поверхности до солёности. Важность данных дистанционного зондирования для океанических служб трудно переоценить, особенно потому, что они способны заполнить пробелы в системе наблюдений *in situ*. Например, данные дистанционного зондирования

хлорофилла и температуры используются для заполнения пробелов в недостаточных наблюдениях за CO₂ в океане, чтобы достичь охвата, необходимого для оценки глобальных потоков CO₂.

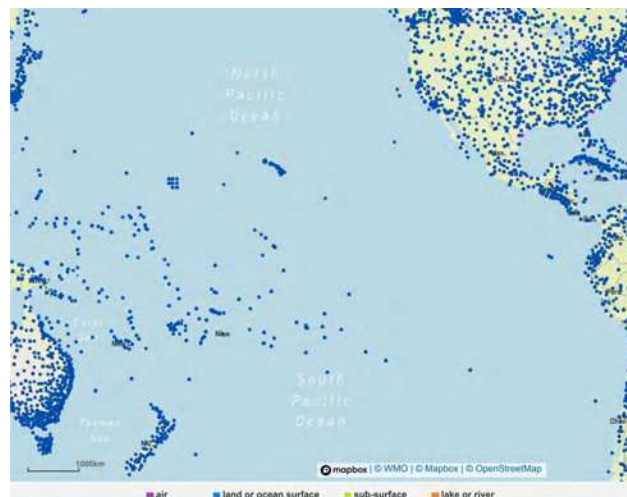
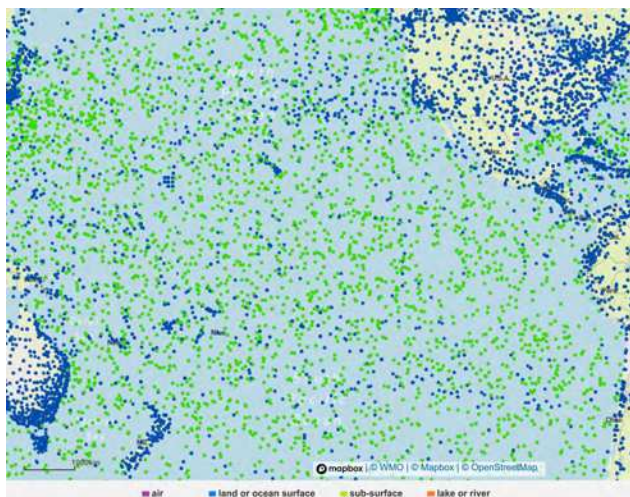
Основная цель ГСНО заключается в том, чтобы данные предоставлялись эффективно, то есть с приемлемой задержкой во времени, качеством и достаточным количеством метаданных, по возможности в соответствии принципам FAIR (Findable (удобные для поиска), Accessible (доступные), Interoperable (функционально совместимые), Reusable (пригодные для повторного использования), службам и пользователям, которые в них нуждаются, и в режиме свободного и открытого доступа. Это непростая задача. Система наблюдений за океаном отличается разнообразием с учётом большого количества участников, предоставляющих данные для большой группы информационных порталов, предназначенных для различных целей. Хотя принципы FAIR являются, по сути, необходимым условием для оперативного обслуживания ВМО, они всё ещё не получили широкого распространения в отношении многих потоков океанических данных, особенно для данных в режиме задержки. В сложившейся ситуации одна из одиннадцати стратегических целей Стратегии ГСНО-2030 предусматривает необходимость предоставления данных об океане в соответствии с принципами FAIR.

Эффективное предоставление данных ГСНО является ключевой целью, которая не может быть достигнута без чётко функционирующей, соответствующим образом подключённой и финансируемой системы управления данными. Для поддержки такой системы управления данными ГСНО рассчитывает на сотрудничество с Программой по международному обмену океанографическими данными (МООД) и Системой океанических данных и информации (ОДИС), а также с Информационной системой ВМО (ИСВ). В частности, разработка ИСВ 2.0 (см. [статью 4](#)) предлагает большой потенциал, чтобы радикально улучшить распространение данных об океане среди всё более широкой группы пользователей.

Проблемы и возможности

В настоящее время ГСНО сталкивается с рядом проблем и возможностей, которые подталкивают её к инновациям и развитию. Реагирование на эти проблемы и возможности таким образом, чтобы интегрировать системы наблюдения за океаном в рамки комплексного подхода к системе Земля в соответствии со стратегическим планом ВМО, имеет решающее значение для улучшения метеорологического, климатического и гидрологического обслуживания и продукции Членов ВМО.

Основная задача как для поставщиков, так и для пользователей данными наблюдений за океаном состоит в том, чтобы определить, какие усилия действительно необходимо поддерживать на постоянной основе, а затем установить обязательства по устойчивому финансированию и оперативной поддержке этих усилий. Чтобы ответить на этот вызов, необходимо расширить имеющиеся и создать новые партнёрства



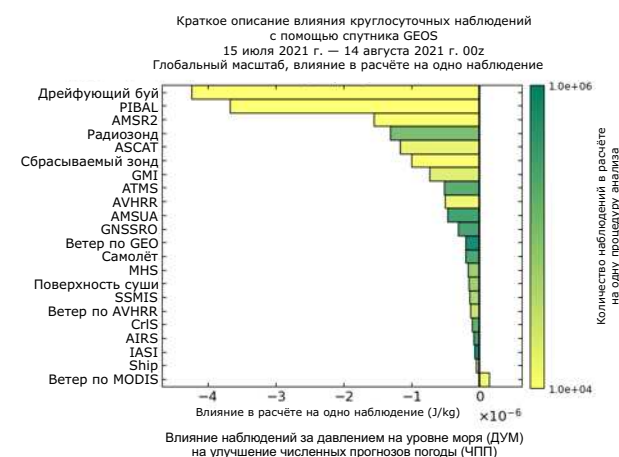
Карты, составленные с помощью ОСКАР/Поверхность ВМО при отсутствии и наличии океанических наблюдений ГСНО

Хотя Инструмент анализа и обзора возможностей систем наблюдения (ОСКАР) ВМО предписывает проведение наблюдений за поверхностью, мы упускаем 2/3 поверхности Земли, если не включаем данные об океане. Дополнение ГСН океаническими наблюдениями — это продвижение к улучшению климатического и метеорологического обслуживания для поддержания жизни, источников средств к существованию и имущества. Исходя из этого рисунка, на котором представлен тропический район Тихого океана, где наблюдается Эль-Ниньо, очевидна необходимость включения океанических данных в единую систему; зелёные точки на правой панели — это океанические наблюдения

в области деятельности по наблюдению за океаном, а также изучить возможность создания глобальной базовой системы наблюдения за океаном.

Экспериментальные или целевые системы наблюдения за океаном оправданы, как правило, в течение ограниченного периода времени для решения исследовательской задачи или удовлетворения конкретной потребности. Однако существует тенденция к

развитию зависимости от систем, финансируемых в рамках исследований, которые заполняют конкретный пробел в измерениях или охвате, а также к рассмотрению их в качестве реальных оперативных систем. Количество участников наблюдений за океаном способствует разнообразию применений и растущему спросу, а также обогащает наблюдения, которые при осуществлении обмена данными этих наблюдений добавляют ценность для многих других областей. Однако такое разнообразие может также привести к недостатку согласованных действий по выбору приоритетов в области наблюдений за океаном, особенно на национальном уровне, на котором в основном осуществляется финансирование и часто имеет место конкуренция за ресурсы. Кроме того, постоянное использование финансовых средств, выделенных на научные исследования, для поддержки фактически действующих систем ложится бременем на научное сообщество, поскольку эти средства становятся не доступными для новых исследований.



Наблюдения *in situ* за давлением на уровне моря (ДУМ) с помощью поверхностных дрейфующих буёв чрезвычайно ценны для получения полей глобального приземного давления и вносят значительный вклад в успешность ЧПП. Анализ влияния наблюдений на чувствительность прогноза (график) показывает, что дрейфующие буи ДУМ обеспечивают наибольший вклад в успешность прогноза в расчёте на одно наблюдение.

Не существует чудодейственного средства, которое обеспечит новое финансирование наблюдений за океаном для поддержки перехода к оперативной деятельности. Однако установление более тесных связей между национальными учреждениями, входящими в ВМО, и учреждениями, входящими в МОК, может принести взаимную пользу в плане расширения сотрудничества, повышения эффективности и сокращения дублирования. Кроме того, необходимо разработать открытую процедуру, инструменты и инфраструктуру для координации и приоритизации требований пользователей и оценки возможностей системы, чтобы обеспечить независимость от используемой платформы. Более чёткое определение того, какие элементы глобальных (и, соответственно, региональных и национальных)

систем наблюдения за океаном могут составлять минимальную базовую систему наблюдений за океаном, будет способствовать принятию более эффективных решений организациями, возглавляющими развитие систем наблюдения. Такие организации (например спутниковые операторы) стремятся заручиться обязательствами по обеспечению постоянного финансирования для эксплуатации и обслуживания спутников в долгосрочной перспективе и часто — для свободного обмена данными с мировым сообществом. Их работа по привлечению средств и развитию должна опираться на ВОКП и другие установленные приоритеты в области океанографических данных, а также на уже реализуемые инициативы.

ГСНО, а также партнёрство ВМО-МОК охватывают весь спектр применения океанических наблюдений. Они варьируются от понимания, моделирования и прогнозирования состояния и структуры океанов, с тем чтобы более эффективно управлять угрозами, опасностями, продуктивностью и устойчивостью океанической среды, до понимания роли, которую океаны играют в качестве неотъемлемой части общей системы Земля во всех временных масштабах.

Такой широкий спектр применения означает, что необходимы как устойчивые и непрерывные, так и целевые наблюдения за океаном (как указано в Стратегии ГСНО до 2030 года). Однако и в этом случае было бы полезно определить приоритеты. Следует изучить возможность формализации многоуровневого подхода к системе наблюдений за океаном, основополагающим компонентом которого является глобальная базовая система наблюдений за океаном. Такая глобальная базовая система наблюдений за океаном будет предназначена для удовлетворения приоритетных потребностей в наблюдениях и обмене данными, будет развиваться и обновляться в соответствии с оперативными и научными факторами и сосредоточится на путях к устойчивому осуществлению.

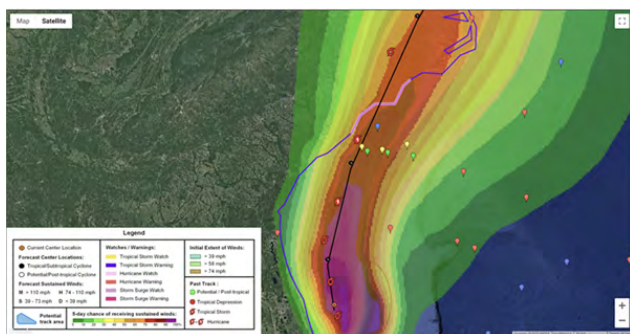
Решение проблемы барьеров, связанных с национальным суверенитетом над морями, является ещё одним важным моментом при разработке и реализации глобальной системы наблюдений за океаном. Практический семинар «Безопасный океан», организованный ВМО в 2019 году, подчеркнул важность содействия в обеспечении доступа к исключительным экономическим зонам (ИЭЗ), в частности для проведения подповерхностных измерений и обмена данными подповерхностными измерениями, имеющими критически важное значение для оперативных применений, таких как прогнозирование погоды и безопасность жизни на море. Программа Арго, самый богатый источник данных подповерхностных наблюдений, облегчила доступ для размещения приборов в открытом море, которые дрейфуют в направлении ИЭЗ, но не для их размещения непосредственно в ИЭЗ, что неизбежно ограничивает глобальный охват данными. Двусторонние запросы на получение разрешения на проведение морских научных исследований, которые необходимо подать за шесть месяцев до начала исследований, сегодня в основном не удовлетворяются; такие запросы практически невозможно

осуществить в отношении автономных приборов, устанавливаемых исходя из наличия широкого спектра возможностей во многих странах, в том числе третьими сторонами. Необходимо оказать содействие проведению этих критически важных наблюдений, возможно на основе схемы уведомления Арго, чтобы гарантировать транспарентность для прибрежных государств.

В то же время привлекательно выглядит ряд возможностей, в первую очередь — *Единая политика ВМО в отношении данных*. Такое существенное обновление Политики ВМО в отношении данных даёт сообществу исследователей океана уникальную возможность. Это обеспечит сообществу гораздо более свободный и неограниченный доступ к данным из нетрадиционных источников (например к данным о погоде, атмосфере и криосфере), которые влияют на обслуживание и исследования, связанные с океаном, используя такие области применения, как сопряжённое моделирование. Кроме того, доступ к инструментам ИГСНВ и ИСВ будет способствовать повышению обнаруживаемости, стандартов, идентификаторов станций и обмену, что будет отвечать целям как ВМО, так и сообщества, занимающегося наблюдениями за океаном. *Единая политика ВМО в отношении данных* также приведёт к повышению уровня признания поставщиков данных путём идентификации научных данных, используемых в оперативных целях. Наконец, пересмотренная Политика также способна повлиять на национальную политику, открывая тем самым возможности для межучрежденческого обмена и координации данных об океане на национальном уровне.

Кроме того, передовые проекты, такие как *OpenGTS*, предоставляют возможность расширить доступ к бесплатным метеорологическим и океанографическим данным. Такие проекты покажут преимущества интегрированного и совместного подхода к таким стратегическим областям, как открытый доступ к данным, прогноз метеорологических и океанических явлений и предупреждения об опасности для окружающей среды. В плане осуществления ИСВ 2.0 *OpenGTS* одобрен в качестве **показательного проекта**; он включает мероприятия, которые могут принести пользу сообществу ВМО в плане обеспечения более широкого и всеобъемлющего доступа к данным.

Ряд дополнительных возможностей возник в рамках других международных проектов по управлению данными. Чтобы оптимизировать финансирование из различных источников и удовлетворить требования учреждений по наблюдению за океаном, ГСНО участвует во многих других международных мероприятиях по управлению данными, которые направлены на упорядочение управления данными и метаданными на международном уровне и разработку глобальной стратегии и единого плана осуществления. ГКН, ОкеанОПС, МООД и ВМО играют определённую роль в этой работе. Этот стратегический координационный потенциал поддерживается инфраструктурой ГСНО и уже продемонстрировал свою плодотворность и эффективность. Стоит отметить, в частности, проект «Передовые практики в области использования данных об океане», который



НУОА предприняло усилия по улучшению прогнозов интенсивности ураганов в августе 2020 года в отношении урагана Исаяс с использованием наблюдений *in situ*, включая глайдеры, дрейфующие буи и буи Арго

направлен на улучшение использования наблюдений, а также данных и метаданных.

Практические успехи, помогающие улучшить обслуживание

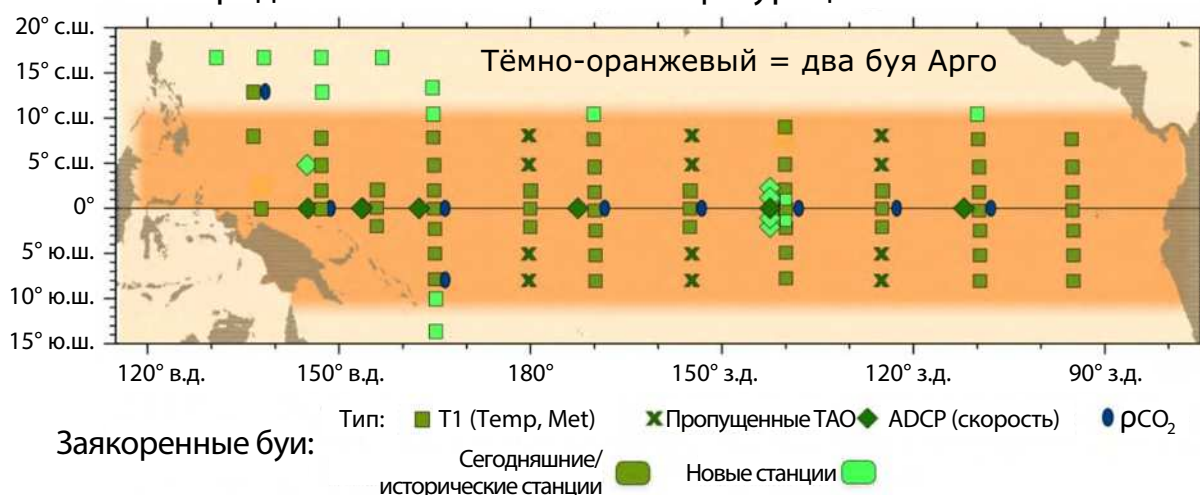
Наблюдения за океаном имеют основополагающее значение для обеспечения **готовности стран к погодным условиям и жизни с учётом климатических факторов**. Несколько примеров ниже демонстрируют, как данные об океане используются или могут быть использованы для подготовки более точных прогнозов погоды.

- Наблюдения за давлением на уровне моря (ДУМ), полученные с помощью дрейфующих буёв, имеют важное значение для численных прогнозов погоды (ЧПП), предоставляемых

метеорологическими учреждениями по всему миру.

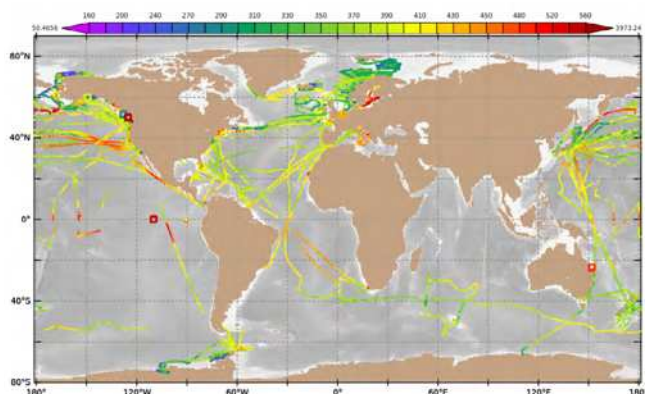
- Программа модернизации барометров** Группы экспертов по сотрудничеству в области буёв для сбора данных, поддерживаемая Глобальной программой по использованию дрейфующих буёв НУОА, позволяет пользователям из метеорологического сообщества измерять атмосферное давление на уровне моря в исследуемых районах; пользователи просто оплачивают дополнительные расходы на добавление барометрического порта и датчика давления к стандартному дрейфующему бую.
- Достигнут прогресс в прогнозировании экстремальных явлений с использованием данных об океане. Несколько типов станций наблюдения за океаном — дрейфующие буи, океанские глайдеры, буи Арго и заякоренные буи — собирают данные об океане вдоль предполагаемых путей тропических циклонов для усвоения в реальном времени в моделях ЧПП.
- С 2020 года североатлантические ураганы создают реальные ситуации для НУОА, позволяя агентству оценить океанический компонент в полном сквозном потоке данных для прогноза ураганов.
- Аналогичным образом, Департамент метеорологии Индии (ИМД) в сотрудничестве с Индийским национальным институтом океанских технологий предоставляет временные ряды наблюдений с сети заякоренных буёв, чтобы содействовать улучшению прогнозов траекторий и интенсивности циклонов. Высокочастотные наблюдения за подповерхностной температурой океана чрезвычайно полезны для точной оценки теплосодержания верхнего слоя океана и для понимания роли океана в интенсификации тропических циклонов.

Предлагаемое изменение конфигурации СНТТО 2020 г.



Система наблюдений в тропической зоне Тихого океана (СНТТО)

СНТТО — это многонациональная система метеорологических и океанографических наблюдений за океаном, предназначенная для измерения подповерхностных и поверхностных слоёв океана и атмосферы в тропической зоне Тихого океана примерно от 10° ю.ш. до 10° с.ш. СНТТО стремится ускорить развитие технологий, понять и предсказать изменчивость тропической зоны Тихого океана, информировать политиков и принести пользу обществу.



Атлас CO_2 на поверхности океана (SOCAT) — это продукт синтеза прошедших контроль качества наблюдений за $f\text{CO}_2$ (летучесть углекислого газа) на поверхности океана.

- Система наблюдений в тропической зоне Тихого океана (СНТТО) обновляется как совместно разработанная система атмосферных и океанических наблюдений в поддержку исследований дальних корреляционных связей в атмосфере, то есть изучения того, как климатические аномалии связаны друг с другом на больших расстояниях, а также в поддержку оперативного прогнозирования.

Что касается климата, то данные об океане необходимы для эффективного прогнозирования, однако потребности в качественных данных остаются неудовлетворёнными. Уровень двуокиси углерода в атмосфере увеличился примерно на 50 % с доиндустриальных времён; это основной фактор изменения климата. Океан принял на себя примерно 45 % совокупных выбросов ископаемого топлива. Критически важно внимательно следить за потоком CO_2 между океаном и атмосферой и за темпами накопления углерода во внутренних слоях океана. Однако существуют большие пробелы в необходимых наблюдениях, особенно в связи с большой сезонной изменчивостью CO_2 в поверхностном слое океана, а усилия по наблюдениям в настоящее время координируются слабо. Данные об океаническом углероде в настоящее время доступны в основном в виде информационной продукции, создаваемой по инициативе сообщества: [SOCAT](#) (Атлас CO_2 на поверхности океана) сосредоточен на данных о поверхностном углероде, тогда как [GLODAP](#) (Проект по анализу глобальных данных об океане) предоставляет данные об углероде внутри океана.

Общим знаменателем успеха и прогресса в приведённых выше примерах является сотрудничество между океанографическими институтами и метеорологическими учреждениями. Без технического, оперативного, финансового и политического партнёрства эти достижения были бы невозможны. Сотрудничество между атмосферными и океанографическими сообществами на всех уровнях является необходимым условием для любых усилий по улучшению метеорологического и климатического обслуживания.

Процесс совместного проектирования океанических наблюдений

Нам нужны дополнительные наблюдения за океаном, но нам также необходимо убедиться, что финансовые средства расходуются разумно, и установить чёткие приоритеты для будущих инвестиций в наблюдения за океаном. Устранение разобщённости между океанографическими институтами и метеорологическими учреждениями имеет критически важное значение для обеспечения максимально возможной отдачи от инвестиций и для эффективной пропаганды океанических наблюдений на самом высоком политическом уровне. Оно также ускорит применение океанических наблюдений и предоставление данных для оперативной деятельности ВМО, тем самым помогая её Членам улучшить прогнозы погоды и климата, особенно в отношении экстремальных явлений.

Многообещающим мероприятием является [совместное проектирование океанических наблюдений](#) ГСНО, которое представляет собой одну из программ, одобренных в рамках [Десятилетия океана](#) Организацией Объединённых Наций. Совместное проектирование направлено на привлечение океанографических институтов и метеорологических учреждений к совместному созданию процесса, инфраструктуры и инструментов, необходимых для развития по-настоящему комплексной системы наблюдений за океаном.

Совместное проектирование ГСНО позволит разработать процесс, в большей степени ориентированный на пользователя, для разработки и реализации широкого диапазона океанических наблюдений путём объединения усилий с сообществами, занимающимися моделированием, прогнозированием и предоставлением обслуживания. Совместное проектирование *соответствующей целям ВМО* системы наблюдений за океаном потребует от экспертов ВМО тесного сотрудничества с коллегами ГСНО на каждом этапе цепочки создания стоимости. *Образцовые* проекты, такие как прогнозирование экстремальных явлений или учёт углеродных выбросов, выбираются для того, чтобы оценить наблюдения, необходимые для обеспечения улучшенных прогнозов ВМО.

Единая политика ВМО в отношении данных имеет потенциал для влияния на национальную политику, которая создаст возможности для межучрежденческого обмена и координации океанографических данных на национальном уровне. С учётом инвестиций и партнёрств Фонда финансирования систематических наблюдений (ФФСН) впервые появилась возможность включить существующие океанические наблюдения в ГОСН, чтобы охватить оставшиеся 2/3 поверхности Земли. Совместное проектирование, совместное инвестирование и совместная пропаганда будут способствовать развитию соответствующего потенциала наблюдений за океаном для обеспечения прогнозов климата и погоды, необходимых для поддержки принятия краткосрочных и долгосрочных решений с учётом изменения климата.

Самые отдалённые и самые холодные уголки земного шара: данные о криосфере для использования в метеорологии, океанологии, климатологии и изучении окружающей среды

Арни Сноррасон, генеральный директор Исландского метеорологического бюро и председатель Консультативной группы Глобальной службы криосферы (КГ-ГСК); Эйстейн Годей, старший научный сотрудник, Норвежский метеорологический институт, и председатель Группы по криосфере и функциональности совместимости данных Глобальной службы криосферы; Сью Баррелл, председатель Исследовательской группы по вопросам и политике в области данных, сопредседатель Группы экспертов ИС по полярным и высокогорным наблюдениям, исследовательской деятельности и обслуживанию (ГЭИС-ПВНИДО); Родика Ниту, Секретариат ВМО (Глобальная служба криосферы)

ВМО приняла комплексный подход к системе Земля для того, чтобы решения относительно погоды, воды и климата были более обоснованными благодаря комплексному мониторингу и прогнозированию всех соответствующих компонентов земной системы. Действие этого подхода также распространяется на самые отдалённые и самые холодные части земного шара — Арктику, Антарктику (рис. 1) и высокогорные районы, где криосфера является характерной особенностью (IPCC, 2019).

Комплексный подход к системе Земля позволяет лучше представить сложные взаимодействия между различными компонентами системы — атмосферой, океанами, гидросферой и криосферой. Он в значительной степени зависит от усвоения сопряжённых данных для обеспечения согласованности и более эффективного использования наблюдений за взаимодействиями, которые зависят от нескольких компонентов, в интересах численных моделей прогнозирования системы Земля.



Рисунок 1. Антарктида — заброшенная база и станция наблюдений (Фото: Сью Баррелл)

Усвоение данных является критически важным компонентом как не сопряжённых, так и сопряжённых моделей прогнозирования системы Земля. Поскольку пространственное и временное разрешение этих моделей постоянно увеличивается, для обеспечения наиболее последовательного представления компонентов системы Земля требуются улучшенные наблюдения *in situ* и дистанционное

Криосфера

Слово «криосфера» происходит от греческого слова «kryos», что означает «холод».

Криосфера является компонентом климатической системы Земля, который включает в себя снег, твёрдые осадки, морской лёд, озёрный и речной лёд, айсберги, ледники и ледяные шапки, ледниковые щиты и шельфовые ледники, многолетнюю мерзлоту и сезонно-мёрзлый грунт. Криосфера простирается в глобальном масштабе. Она существует сезонно или постоянно на большинстве широт, а не только в Арктике, Антарктике и горных районах, а почти в 100 странах. Она влияет на климат всей планеты. Примерно 70 % пресной воды Земли существует в виде снега или льда.

Второй Международный метеорологический конгресс, состоявшийся в 1879 году, обратил внимание метеорологов на важность измерения изменений протяжённости и толщины ледников. Он рекомендовал производить непрерывные наблюдения за ледниками и публиковать их результаты.

зондирование. Улучшение пространственного и временного разрешения наблюдений, а также расширение числа наблюдаемых переменных необходимо для дальнейшего повышения эффективности систем численного прогнозирования.

В криосферных районах — полярных или горных — выпуск точных и надёжных прогнозов во всех временных масштабах является более сложной задачей, чем в других районах. Понимание и способность моделировать некоторые процессы, уникальные для этих районов, ограничены, например, мелкомасштабные процессы, происходящие во время образования морского льда, выпадения снега, твёрдых осадков, а также внутри облаков смешанной фазы и стабильных пограничных слоёв. Ограничивающие факторы в настоящее время включают i) ограниченную доступность наблюдений *in situ*, в частности наблюдений за снегом и льдом, ii) неоптимальное усвоение спутниковых наблюдений на снежных и ледовых поверхностях в полярных регионах, iii) ограниченную доступность надлежащих дистанционных и спутниковых наблюдений в полярных и горных районах (снежный покров, ледники и т. д.), и iv) ограниченный обмен надёжными данными и доступ к имеющимся данным в режиме, близком к реальному времени.

Данные о криосфере для гидрометеорологической и климатологической информации и обслуживания

Многие сферы применения и обслуживания в рамках полномочий Членов ВМО, а также в рамках более широкого научного сообщества, всё чаще требуют постоянного доступа к данным о криосфере. Такие данные дополняют метеорологические, гидрологические и океанические данные, а также данные, используемые в области моделирования и реанализа. Связанные с климатом изменения в районах, где есть снег, морской лёд, ледники и многолетняя мерзлота, могут вызвать процессы обратной связи и изменения в режимах регулирования осадков и пресной воды на больших территориях — вплоть до масштабов континентов и полушарий.

Данные о криосфере для усвоения данных в моделях системы Земля

Данные наблюдений за снегом и льдом всё чаще используются для усвоения в моделях численного прогнозирования погоды (ЧПП) и оказывают существенное влияние на эффективность этих моделей. Данные о снеге, ледниках, морском льде и многолетней мерзлоте также всё чаще используются для численного прогнозирования климата, сезонного прогнозирования, оперативного анализа, реанализа климата и для проверки моделей.

В контексте крупномасштабных сопряжённых моделей, в частности в отношении данных о криосфере, обмен данными о снеге и льде, выходящий за рамки институциональных, секторальных и политических границ, имеет большое значение для развития гидрометеорологического и климатического обслуживания (Helmert et al., 2018). Недостаточный потенциал для прогнозирования в отдалённых горных районах может показаться несущественным, но воздействие распространяется вниз по течению рек, а социально-экономические последствия ощущаются населением, живущим в нижнем течении рек и в низменных районах.

Данные о криосфере для гидрологии

Поскольку все крупные реки берут начало в горах, их часто называют «водонапорными башнями мира» (Immerzeel et al., 2020). Горная криосфера — ледники, снег, многолетняя мерзлота и сезонно-мёрзлый грунт — играет основополагающую роль в обеспечении и регулировании ресурсов пресной воды для примерно половины населения Земли (Egan and Price, 2017). К этой половине, в частности, относятся жители густонаселённых низменных районов, таких как дельта Ганга и Брахмапутры.

Снег, ледники, многолетняя мерзлота и сезонно-мёрзлый грунт служат в качестве резервуаров пресной воды. Данные о таянии снега и льда необходимы для понимания изменчивости водных ресурсов. Краткосрочный мониторинг криосферы имеет критически важное значение для прогнозирования весеннего таяния и быстроразвивающихся паводков, планирования производства гидроэлектроэнергии, наличия воды в засушливых районах, например в Андах (Schoolmeester et al., 2018) и ирригации, в то время как таяние ледников является ключевым предиктором долгосрочного дефицита воды.

Многие страны полагаются на прогнозы таяния снега (с заблаговременностью от одного до нескольких месяцев вперёд), чтобы предсказать речной сток и потенциальные паводки и обеспечить оповещение о паводках (рис. 2). Увеличение частоты выпадения дождя на снег повышает риск схода лавин и наводнений. В то время как увеличенный речной сток в Арктику приносит огромное количество пресной воды в Северный Ледовитый океан и окружающие моря, тем самым влияя на океаническую циркуляцию.

Необходимо дальнейшее совершенствование понимания и моделирования гидрологического цикла для холодных районов. Доступ к наблюдениям имеет решающее значение, например для лучшего моделирования взаимосвязи между осадками и стоками, включая вклад многолетней мерзлоты и сезонно-мёрзлого грунта.

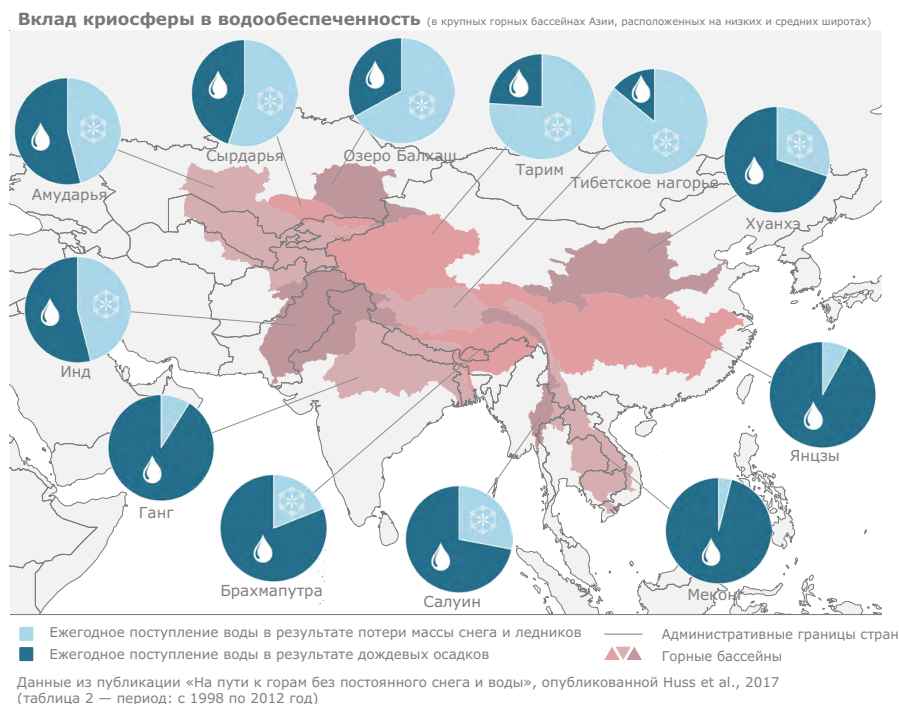


Рисунок 2. Вклад криосферы в водообеспеченность в бассейнах крупных рек Азии, оценённый на основе данных с 1998 по 2012 год, опубликованных Huss et al., 2017 (иллюстрация Норы Кребс, ВМО)

Данные о криосфере — данные для прогнозирования ледовых явлений и обслуживания

Надёжные оценки протяжённости и объёма морского льда в Северном Ледовитом океане и Южном океане вокруг Антарктиды необходимы для понимания изменения климата, инициализации численных прогнозов погоды, прогнозирования морского льда и оперативных реанализов сопряжённой системы океан–лёд (Zuo et al., 2019).

Месячные и сезонные ориентировочные прогнозы наличия и динамики морского льда очень

востребованы морской индустрией для безопасной навигации и работы в полярных водах (рисунки 3 и 4).

Постоянное сокращение толщины арктического морского льда и площади многолетнего морского льда приводит к большей подвижности морского ледяного покрова и увеличению изменчивости ледовых условий. Эти изменения требуют иного подхода к своевременности и горизонтальному разрешению ледовых карт и прогнозов погоды для морских перевозок в высокоширотных районах.

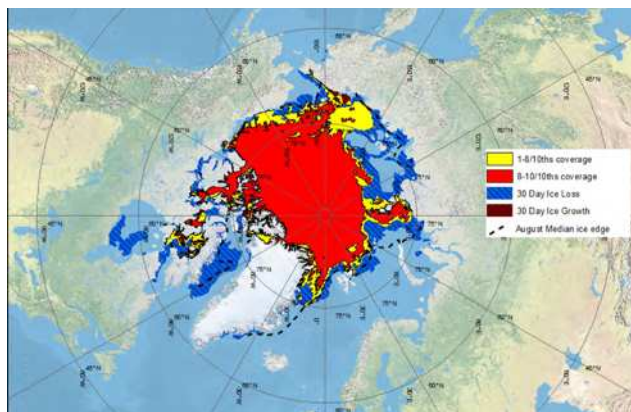


Рисунок 3 – Карта 30-дневного изменения протяжённости льда в Арктике, подготовленная Национальным ледовым центром США 27 сентября 2021 года (доступ получен 28 сентября 2021 года). (https://usicecenter.gov/pub/change30day_n.png)

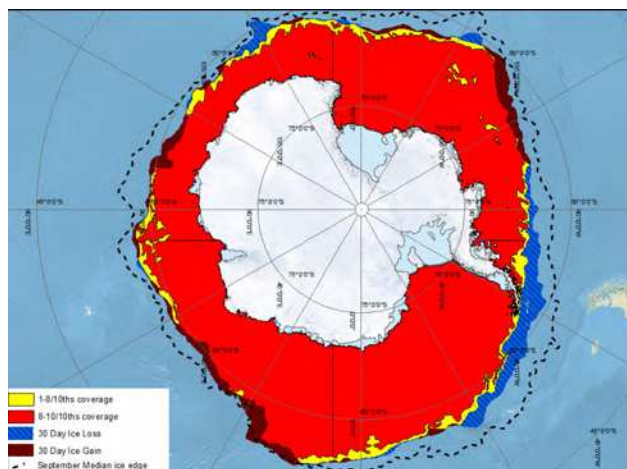


Рисунок 4 – Карта 30-дневного изменения протяжённости льда в Антарктике, подготовленная Национальным ледовым центром США 27 сентября 2021 года (доступ получен 28 сентября 2021 года) (https://usicecenter.gov/pub/change30day_s.png)

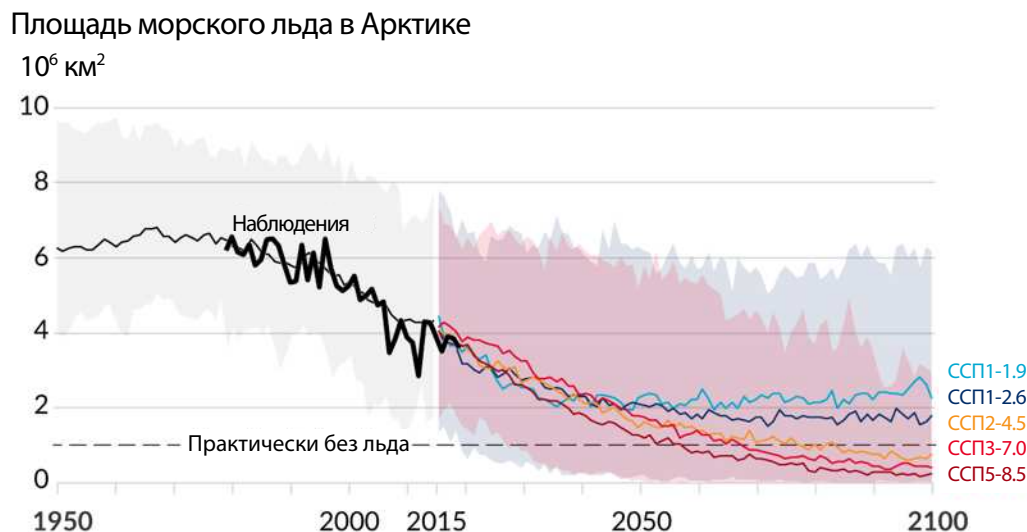


Рисунок 5. Площадь арктического морского льда в сентябре составила 106 км² по данным спутниковых наблюдений и результатов ПССМ6. Весьма вероятные диапазоны показаны для ССП1-2.6 и ССП3-7.0. Предполагается, что Арктика станет практически свободной ото льда около середины столетия по сценариям средних и высоких уровней выбросов ПГ. В основе данного рисунка — рисунок РП.8 в МГЭИК (2021). (Наблюдения добавлены проф. Эдом Хокинсом (<http://www.climate-lab-book.ac.uk/2021/adding-observations/>) (Материал любезно предоставлен Томасом Лавернье)

Для преодоления существующих ограничений необходимы усовершенствования в моделировании морского льда (и сопряжённой системы океан–лёд) как для Арктики, так и для Южного океана (рис. 5). Эти ограничения частично связаны с недостатком данных, полученных для полярных океанов в целом, особенно для широкой полосы антарктической зоны морского льда, и частично с трудностями в получении надёжной продукции по морскому льду на основе доступных в настоящее время данных дистанционного зондирования. Поскольку более молодой однолетний лёд становится всё более преобладающим, что приводит к установлению сезонного ледового режима в полярных районах, критически важно, чтобы оперативные ледовые службы включали

более своевременные и точные ледовые данные в свою деятельность по мониторингу.

Криосфера и изменяющийся климат

Данные об изменениях в Антарктическом и Гренландском ледяных щитах (рис. 6) и о горных ледниках необходимы для понимания и моделирования повышения уровня моря. Более миллиарда людей, а также экосистемы — будь то на маленьких островках в Атлантическом, Индийском и Тихом океанах или в крупных прибрежных городах мира — находятся в ситуации, вызывающей озабоченность. Систематические климатические данные о

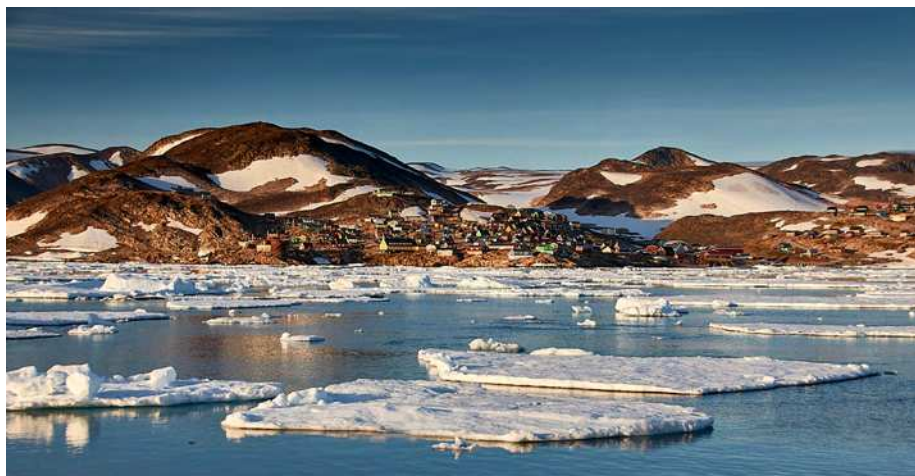


Рисунок 6. Изменение климата значительно меняет условия проектирования инфраструктуры в регионах, где присутствуют снег и лёд, вызывая тем самым необходимость разработки стратегий адаптации (деревня Иттокортоормиит — Восточная Гренландия), (фото: Сью Баррелл).

снеге и льде также необходимы для надёжного инженерного проектирования инфраструктуры в холодном климате, например для транспорта, зданий, водоснабжения и т. д. Они также важны для решения проблемы береговой эрозии и последующих изменений береговых линий. Данные о состоянии подземного льда становятся критически важными для планирования землепользования и оценки потенциального выброса парниковых газов.

Изменения в криосфере и природные опасные явления

Комплексные подходы к мониторингу гидрометеорологических изменений, включающие информацию о криосфере, необходимы для разработки систем заблаговременных предупреждений о надвигающихся, связанных с изменениями рисков и **экстремальных явлениях**. Их спектр широк — от лавин, катастрофических наводнений в результате таяния снега (Rössler et al., 2014), наводнений при прорыве ледниковых озёр (НПЛО или jökulhlaups), ледяных заторов на реках и озёрах, запруд рек из-за наступающих ледников, разрушения берегов, оползней и разрушения склонов до увеличения частоты появления айсбергов на навигационных маршрутах и других опасностей, связанных с криосферой. Ледниковые озёра вызвали ряд самых разрушительных наводнений в мире, например в **Андах** (Huggel et al., 2020) и Гиндукушских Гималаях. В условиях быстроменяющегося климата доступ к точным каталогам и описаниям прошлых событий, а также к надёжным климатическим базам данных имеет решающее значение для обоснования оценок опасности (GARHAZ, 2017) и подготовки стратегий адаптации (рис. 7).

Распространение обмена данными на полярные и горные районы

Разрабатывая Единую политику в отношении данных, ВМО признаёт и реагирует на необходимость



Рисунок 7. Ледниковое озеро Палькакоча (Перу) дренируется с помощью сифонов, чтобы избежать наводнений, вызванных прорывом ледниковых озёр (НПЛО фото: Кристиан Хуггел).

расширения доступа к данным о криосфере на глобальном уровне для дальнейшего улучшения и поддержания критически важного гидрометеорологического и климатического обслуживания, предоставляемого её Членами. Эта политика поможет реализовать видение и стратегию ВМО в отношении комплексного подхода к мониторингу, моделированию и прогнозированию системы Земля. Конечной целью является дальнейшее информирование Членов ВМО и обеспечение для них возможности предоставлять обслуживание, имеющее критически важное значение для обеспечения безопасности и благополучия их граждан.

Новая политика признаёт, что в отличие от давно существующих инфраструктур и систем мониторинга погоды, климата и гидрологических процессов, систематический мониторинг криосферы появился только в последние десятилетия под влиянием исследований климатической системы и в основном на основе подхода «снизу вверх».

Однако, несмотря на повышенный интерес, мониторинг во многих горных и полярных регионах осуществляется по-прежнему в недостаточном объёме из-за высокой стоимости, трудного доступа (рис. 8), экстремальных условий эксплуатации, недостаточного местного потенциала, нахождения в юрисдикции нескольких государств, слабости или отсутствия институциональных полномочий. Даже метеорологические станции в этих районах немногочисленны. Этот недостаток негативно влияет на эффективность моделей, приводя, например, к появлению систематической ошибки, связанной с высотой, при прогнозировании осадков в высокогорье.

Прогресс в удовлетворении потребностей в наблюдениях за криосферой с помощью космических систем был достигнут в основном для полярных



Рисунок 8. Высокогорные наблюдения. Станция Мюллер Хат, Новая Зеландия, находится на высоте 1818 м над уровнем моря. Попастъ на станцию можно только на вертолётe. Ежегодное накопление снега более 4 метров. Фото любезно предоставлено Кристианом Заммитом; вклад в эксперимент ВМО по взаимному сравнению измерений твёрдых осадков (ЭВСТО), отчёт ВМО № 131 (Nitu et al., 2018)

районов, в меньшей степени — для горных районов. Остаётся много пробелов в наборе элементов, за которыми осуществляются наблюдения, а также в доступе к данным космических наблюдений за криосферой и их усвоении.

Во многих странах системы наблюдения за криосферой по-прежнему находятся в ведении разных учреждений с разными полномочиями — от научно-исследовательских, академических, гидро-энергетических организаций, морских и ледовых служб до космических агентств, национальных метеорологических и гидрологических служб (НМГС) и других, при этом ключевую роль продолжают играть научно-исследовательские учреждения. Во многих развивающихся странах наблюдения и исследования криосферы по-прежнему являются частью финансируемых на международном уровне проектов, при этом связи с национальными учреждениями, включая НМГС, ограничены или отсутствуют.

Данные о криосфере в рамках Единой политики в отношении данных

Обмен данными важен для исследовательских организаций (Pan et al., 2021), учитывая их стремление расширить понимание взаимодействий между атмосферой, криосферой, гидросферой и биосферой. Это особенно актуально, поскольку они стремятся дать ответы на всё более сложные вопросы о социально-экономических и экологических последствиях беспрецедентных изменений климата.

Международное научное сообщество предпринимает активные шаги по обеспечению более широкого доступа к данным исследований. Принципы FAIR в отношении данных (Wilkinson et al., 2016), опирающиеся на четыре основополагающих компонента, — удобные для поиска, доступные, функционально совместимые, пригодные для повторного использования — представляют собой набор руководящих принципов высокого уровня для владельцев данных, полученных в результате исследований. FAIR уделяет особое внимание расширению возможностей соответствующих устройств по автоматическому поиску и использованию данных в дополнение к возможностям для повторного использования данных частными лицами, при этом обеспечивается установление прав собственности и обеспечивается защита интеллектуальной собственности, например с помощью лицензий.

В рамках Единой политики в отношении данных ВМО признаёт наличие большого объёма данных, имеющихся у широкого научного сообщества, и тот вклад, который они могут внести в стратегическое направление деятельности ВМО, касающееся системы Земля. Поэтому в рамках Политики подчёркивается необходимость укрепления двустороннего взаимодействия и обмена данными между оперативными и научно-исследовательскими учреждениями и выражается стремление чётко сформулировать

принципы и преимущества, которые она обеспечит для всех заинтересованных сторон. В частности, Единая политика в отношении данных призывает к свободному обмену приоритетными данными о системе Земля (то есть как «базовыми», так и «рекомендуемыми» данными) между Членами ВМО, в том числе для целей исследований с бюджетным финансированием без каких-либо условий. Это отражает важность результатов исследований и идей для обеспечения постоянного развития потенциала по всем аспектам полномочий ВМО.

Политика также призывает Членов удовлетворять при любой возможности запросы относительно установления прав собственности в качестве средства обеспечения признания и защиты прав интеллектуальной собственности владельцев данных, насколько это возможно. В соответствующих случаях для доступа к научным данным, их отслеживания и цитирования могут использоваться цифровые идентификаторы объектов (ЦИО). Признание прав собственности является взаимовыгодным для владельцев и пользователей данных, а цитирование позволяет научному сообществу продемонстрировать финансирующим организациям, как используются их данные.

Глобальная служба криосферы (ГСК) ВМО — упрощение доступа к наблюдениям и данным о криосфере

Глобальная служба криосферы (ГСК) ВМО выступает в качестве координатора разработки скоординированных подходов оперативных и исследовательских сообществ в поддержку ключевых наблюдений за криосферой *in situ* и с использованием дистанционного зондирования, а также в поддержку доступа к данным и информации о состоянии криосферы. Компонент наблюдений ГСК является неотъемлемой частью Интегрированной глобальной системы наблюдений ВМО (ИГСНВ). Портал данных ГСК размещается в Норвежском метеорологическом институте и поддерживается Институтом исследований снега и лавин, который входит в состав Швейцарского федерального института исследований леса, снега и ландшафта (WSL). Через свой портал данных ГСК стремится обеспечить доступ (Bavay et al., 2020) к данным о криосфере и вспомогательным данным в реальном времени и в архивах (в виде последовательных временных рядов климатических данных) через экономически эффективные механизмы в рамках Информационной системы ВМО (ИСВ), опираясь на существующий обмен данными внутри и вне ВМО. В дополнение к ИСВ ГСК способствует включению особых для криосферы функций в Глобальную систему обработки данных и прогнозирования (ГСОДП) ВМО, поддерживая специализированное обслуживание для полярных и высокогорных районов.

Данные поступают от НМГС, а также от других оперативных и научных организаций (рис. 9), причём последние используют целый ряд различных

подходов к управлению данными, зачастую совершенно отличных от тех, которые используются в сообществе ВМО. ГСК использует инструменты и процедуры, доступные через ИГСНВ и ИСВ, для установления связей между научными сообществами, занимающимися исследованием криосферы, и поставщиками и пользователями данных ВМО. Это включает 1) присвоение идентификаторов станций ИГСНВ для средств наблюдения, 2) использование метаданных ИГСНВ для документирования средств наблюдения, 3) стандартизацию и регистрацию средств наблюдения за криосферой наряду с метеорологическими, климатическими и другими средствами наблюдения в базе данных ОСКАР/Поверхность ВМО, 4) документирование потребностей и возможностей в отношении наблюдений за криосферой в базе данных ОСКАР/Потребности, 5) стандартизацию и функциональную совместимость, которые повышают возможность обнаружения комплектов данных о криосфере в рамках ИСВ, 6) обмен данными о криосфере для оперативных целей через ИСВ и 7) предоставление доступа к бесплатным и неограниченным данным ВМО для сообщества, не относящегося к НМГС.

Реализация Единой политики ВМО в отношении данных стимулирует улучшение связей между поставщиками данных о криосфере и НМГС. Хотя использование инструментов, предложенных при посредничестве ГСА может обойтись недёшево для многих поставщиков данных, есть стремление к тому, чтобы они в свою очередь оказались в выигрыше, получив доступ к данным нескольких поставщиков и возможность контролировать обмен данными, использование и повторное использование общих данных, а также возможность влиять на дальнейшее развитие инструментов, имеющих отношение к ним. Возможность сообщать об имеющихся данных также поможет выявить пробелы и возможности наблюдений. Например, ожидается взаимная выгода, если

данные о снеге, собранные на региональном уровне, будут по умолчанию передаваться организациям национального уровня и НМГС (Vionnet et al., 2021).

На практическом уровне ГСК поддерживает и обеспечивает вклад поставщиков данных с ограниченными ресурсами и возможностями для управления данными, предоставляя пакет программного обеспечения для преобразования данных из неструктурированных в структурированные NetCDF/CF (в соответствии с принципами FAIR) через портал данных ГСА (Bavay, Fiddes and Godøy, 2020).

Партнёрства для доступа к данным из полярных и высокогорных районов

Значительные шаги были предприняты ГСК в качестве посредника по вопросам данных для полярных и высокогорных районов. Что касается полярных районов, то существующее взаимодействие между ГСК и Объединённым Комитетом по арктическим данным (КАД) Устойчивой сети наблюдений в Арктике (УСНА) и Международного научного комитета по Арктике (МНКА), а также Научным комитетом по управлению антарктическими данными (НКУАД) Научного комитета по исследованию Антарктики (СКАР) предоставляет возможности для расширения сотрудничества, что приведёт к расширению доступа к имеющимся данным. Примечательно, что СКАР, как научный комитет Системы Договора об Антарктике, уполномочен содействовать бесплатному и неограниченному доступу к антарктическим научным данным и информации. Согласно документам КАД, данные об Арктике существуют и независимо циркулируют в рамках комплексной [Арктической информационной экосистемы](#) (AIE — Pulsifer et al., 2020), в состав которой входят институты и центры данных, но её целью является наращивание потенциала для поддержки соответствующих сфер применения и связи с потребностями в глобальных данных для удовлетворения региональных потребностей и повышения устойчивости к бедствиям в Арктике.

Для высокогорных районов ландшафт данных гораздо более раздроблен (Thornton et al., 2021, Shahgedanova et al., 2021). Предпринимаются коллективные усилия (Adler, Pomeroy and Nitu, 2020) по устранению препятствий с помощью таких механизмов, которые поддерживаются в рамках [Инициативы по исследованию гор](#) и её флагманских направлений деятельности, таких как «ГЕО Горы» и Международная сеть по исследованию гидрологии горных водосборных бассейнов ([МСИГГВБ](#)). В 2019 году ГСК подписала 5-летний меморандум о взаимопонимании с программой «Окружающая среда третьего полюса», в котором особое внимание уделяется установлению взаимодействия с Центром данных об окружающей среде третьего полюса (Xin Li et al., 2021, также # 10). Аналогичная работа проводится с другими исследовательскими центрами данных для дальнейшего упрощения



Рисунок 9. Полевые работы и установка в холодный день в середине февраля новых датчиков на станции мониторинга многолетней мерзлоты в Янссонхаугене (78° с.ш.) на Шпицбергене (фото: Кетиль Исаксен)

доступа к важнейшим потокам данных о криосфере и вспомогательных данных.

Эти партнёры признают, что ВМО имеет все возможности для того, чтобы играть ключевую роль в отношении политики и практики в области данных, способствуя углублению интеграции за пределами конкретных регионов и областей. С этой целью в случае принятия Единая политика в отношении данных воплотит на практике принципы взаимодействия между партнёрами, владеющими данными о криосфере, которые готовы делиться и обмениваться этими данными на международном уровне. Эта политика вновь станет примером для сообществ партнёров, как и в случае с Международным полярным годом (МПГ) 2007–2008, когда ВМО совместно с Международным советом по науке создала инновационную рамочную основу для управления данными, чтобы поддержать цели заинтересованных сообществ. Со времени МПГ сообщества партнёров ВМО добились значительного прогресса в управлении данными и информацией, при этом заметно возросла актуальность руководящих принципов FAIR.

Эти области прогресса предлагают потенциальные выгоды для Членов ВМО, поскольку Единая политика в отношении данных разработана таким образом, чтобы соответствовать своим нынешним целям и адаптироваться к будущим потребностям.

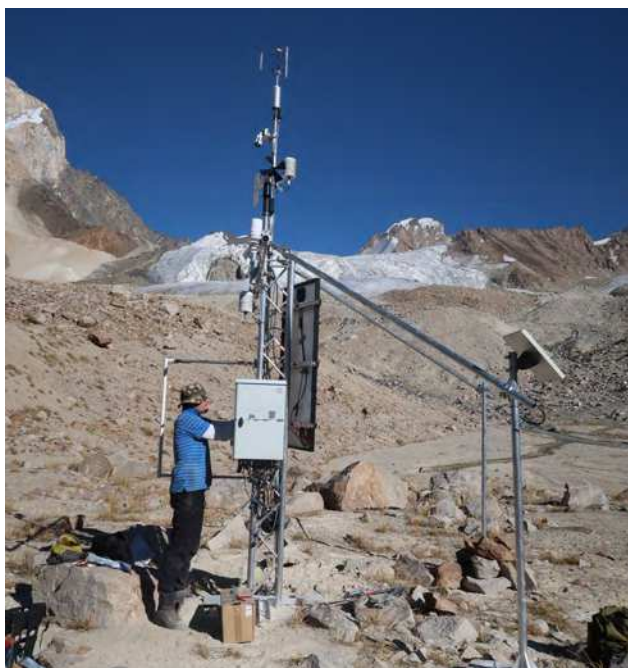


Рисунок 10. Установка в сентябре 2021 года нового высокогорного наблюдательного пункта на Западном Памире, Таджикистан, в рамках проекта «Криосферные наблюдения и моделирование для улучшения адаптации в Центральной Азии» (CROMO-ADAPT), финансируемого Швейцарской корпорацией по вопросам развития и совместно возглавляемого Фрибургским университетом и Институтом исследований снега и лавин SLF WSL (Швейцария) (фото: Джоел Фиддс).

Заключение

Сосредоточение внимания ВМО на мониторинге, моделировании и прогнозировании системы Земля увеличивает необходимость интеграции данных о криосфере в поддержку всего обслуживания, связанного с погодой и климатом. Единая политика в отношении данных позволяет применять более систематический подход к обмену и использованию данных о криосфере в сочетании с данными из более традиционных областей деятельности ВМО. Ожидается, что реализация этой политики сыграет важную роль в расширении доступа к данным и достижении нужного пользователям пространственно-временного разрешения. В то же время нынешние владельцы этих данных, включая данные о криосфере, которые находятся вне сферы деятельности НМГС, получают ощутимую пользу.

В результате улучшения обмена данными, инициированного Единой политикой в отношении данных, ожидается взаимная выгода для ВМО, научных и других сообществ. Доступ к каталогам с описанием событий прошлого и надёжным климатическим данным, которые лежат в основе оценок опасности, позволит учёным и НМГС оказать более эффективную помощь мировому сообществу в решении ряда крупных проблем, возникающих в связи с быстроменяющимся климатом (рис. 10).

Укрепление партнёрских отношений в поддержку эффективного обмена данными о криосфере в рамках ИГСНВ, ИСВ и ГСОДП необходимо для достижения амбициозных целей комплексного подхода ВМО к системе Земля. Преимущества будут ощутимыми и значительными, но успех будет в решающей степени зависеть от способности установить взаимовыгодное сотрудничество между различными сообществами и владельцами данных в области криосферы.

Установление прав собственности на данные по соответствующему запросу, как это предусмотрено в рамках Политики, обеспечивает признание и защиту индивидуальных прав на интеллектуальную собственность и является важным аспектом для повышения эффективности и долговечности партнёрских отношений.

ВМО осуществляет многолетнее и инновационное сотрудничество с научным сообществом, и успех Политики в отношении данных, действующей в рамках Международного Полярного года 2007–2008, является тому подтверждением. Единая Политика в отношении данных станет примером для сообществ партнёров. Она демонстрирует чёткую цель — обеспечить продолжение успешного сотрудничества с сообществом, занимающимся исследованием криосферы, в будущем.

**Список литературы доступен
в онлайн-режиме**

Космическая погода, расширение границ за пределы Земли

Лариса Трищенко, Канадский центр прогнозирования космической погоды, Министерство природных ресурсов Канады; Кеннет Холмлунд, Секретариат ВМО

Космическая погода описывает ряд изменяющихся условий в естественной космической среде нашей Солнечной системы. Явления космической погоды вызываются процессами, происходящими на Солнце и в межпланетном пространстве, которые в конечном итоге влияют на естественную земную среду. Хотя космическая погода не представляет прямой опасности для жизни людей на Земле, она влияет на ряд современных критически важных технологий и, следовательно, на глобальную экономику. Негативное воздействие на энергетическую инфраструктуру, транспорт, радиосвязь, спутники наблюдения, навигации и связи и т.д. приводит к снижению надёжности критически важных систем с потенциальным влиянием на безопасность людей.

Обслуживание, касающееся прогнозирования и мониторинга космической погоды, регулярно используется коммерческими авиакомпаниями, спутниковой индустрией, при проведении буровых и топографо-геодезических работ, электросетевыми организациями, при проектировании трубопроводов, а также пользователями спутниковых навигационных систем. Агентства по чрезвычайным ситуациям разрабатывают процедуры управления рисками опасных явлений, связанных с космической погодой, в рамках общего подхода к управлению рисками. С ноября 2019 года три (скоро будет четыре) Глобальных центра космической погоды предоставляют обслуживание, связанное с космической погодой, [Международной организации гражданской авиации](#) (ИКАО).

ВМО признаёт, что спрос на обслуживание, связанное с космической погодой, растёт, поскольку общество становится всё более зависимым от технологий, подверженных негативному воздействию явлений космической погоды. В ряде стран разрабатываются процедуры управления рисками опасных явлений, связанных с космической погодой, в рамках подхода к уменьшению опасности бедствий, учитывающего многие опасные явления. Ожидается, что спрос на информацию о космической погоде будет расширяться по мере повышения осведомлённости о воздействии явлений космической погоды, роста незащищённости общества и эволюции продукции и обслуживания, связанных с космической погодой.

Четырёхлетний план координации деятельности ВМО по космической погоде на 2020–2023 годы (ЧЛП на 2020–2023 годы) был утверждён Восемнадцатым

Всемирным метеорологическим конгрессом (Кг-18) в 2019 году. Осуществление ЧЛП на 2020–2023 годы обеспечит значительные преимущества для Членов ВМО в виде более точных наблюдений и улучшенного обслуживания.

ВМО также включила наблюдения за космической погодой в новую Единую политику ВМО в отношении данных. Новая политика станет основой для определения базовых наблюдений, необходимых для обслуживания в области космической погоды, которые будут подробно описаны в Техническом регламенте ВМО.

В данной статье будет представлена эта относительно новая область работы ВМО, в частности связанные с ней последствия для общества, а также потребности в наблюдениях и данных. Далее будет подробно описано обслуживание в области космической погоды и международное сотрудничество.

Космическая погода: новая опасность технологической эры

Космическая погода по большей части не может наблюдаться или ощущаться непосредственно человеком, за исключением эпизодических впечатляющих проявлений северного полярного сияния (рис. 1) или южного полярного сияния, вызванных возмущениями естественных электромагнитных полей и ионизированных частиц в верхнем слое атмосферы (ионосфере). Напротив, многие технологии взаимодействуют с естественной электромагнитной средой Земли, и поэтому регулярно



Рисунок 1. Северное сияние над Кильписъярви, Финляндия (Источник: Лионел Пейро)

испытывают негативное воздействие космической погоды.

Это воздействие наблюдалось в течение длительного времени. Точности показаний магнитных стрелок компаса (изобретённого более 2000 лет назад и с тех пор используемого для навигации/ориентации) мешает космическая погода. Благодаря телеграфу, изобретению восемнадцатого века, влияние космической погоды на технологии стало абсолютно очевидным. Телеграфные провода, по сути, являются длинными линейными проводниками на поверхности Земли, поэтому они чувствительны к естественным колебаниям электромагнитного поля Земли. По совпадению, телеграф развивался в глобальном масштабе в период высокой солнечной активности. Сильные геомагнитные бури с 28 августа по 2 сентября 1859 года (известные как «событие Кэррингтона» — крупнейший эпизод проявления космической погоды в современной истории) вызвали повсеместное нарушение работы телеграфных систем в Европе и Северной Америке.

Как представлено в исторической книге Прескотта (1866 г.), господин О.С. Вуд, суперинтендант канадских телеграфных линий, сообщил: «Я никогда, за время своего пятнадцатилетнего опыта... не наблюдал ничего подобного необыкновенному эффекту северного сияния ... прошлой ночью. Линия была в идеальном состоянии, и квалифицированные операторы непрерывно работали с восьми часов вечера до часу ночи...; но в последний час провода оказались под таким сильным влиянием северного сияния, что связь между телеграфными станциями стала совершенно невозможной, и линия была закрыта на ночь».

Беспроводная связь появляется в начале двадцатого века с изобретением радио. Однако отсутствие длинных проводников не устранило воздействие космической погоды. Радиосвязь зависит от взаимодействия радиоволн с ионосферой, электропроводящим слоем атмосферы, который испытывает серьёзные возмущения во время явлений космической погоды, вызывающие помехи в распространении радиосигнала. Согласно (L. Lanzerotti, 2001), Маркони в 1928 году прокомментировал это явление так: «...время сильного затухания [радиосигналов] практически всегда совпадает с появлением больших солнечных пятен и интенсивного северного сияния, которое обычно сопровождается магнитными бурями...».

Высокочастотная (ВЧ) радиосвязь в районах Арктики/Антарктики подвергается более сильному воздействию, чем в других местах, из-за более высокой интенсивности возмущений вблизи магнитных полюсов.

Влияние космической погоды на электросети, по словам Дэвидсона, наблюдалось ещё в 1940 году. Самый тяжёлый случай был зафиксирован в 1989 году, когда 13–14 марта 1989 года из-за геомагнитной бури энергосистема Hydro-Québec потерпела крах. Геомагнитная буря разворачивалась в течение всего

нескольких минут, но оставила сотни тысяч людей и предприятий без электричества на девять часов.

Одно из самых сильных явлений космической погоды наблюдалось в октябре 2003 года. Оно имело широкомасштабные последствия для уязвимой инфраструктуры и существенно повлияло на отношение общественности к космической погоде. Выдержки из отчёта, опубликованного Национальным советом по научным исследованиям США в 2008 году:

«30 октября 2003 года Подкомитет по окружающей среде, технологиям и стандартам Комитета Палаты представителей по науке провёл слушания о космической погоде и роли и ответственности различных учреждений, участвующих в сборе, распространении и использовании данных о космической погоде. ... Обсуждались следующие вопросы: Каков надлежащий уровень финансирования учреждений, занимающихся прогнозированием космической среды? Какова важность таких прогнозов для промышленности и торговли? По совпадению и весьма примечательно, что именно в это время на Солнце наблюдалась самая сильная вспышечная активность за последние три десятилетия. Огромные вспышки энергии на Солнце в конце октября и начале ноября 2003 года вызвали интенсивные выбросы солнечных энергетических частиц и спровоцировали сильные геомагнитные бури... Из-за разнообразия и интенсивности этой вспышки солнечной активности большинство отраслей, уязвимых к космической погоде, испытали определённое воздействие на свою деятельность... Эти события напомнили и учёным, и политикам, насколько сильно космическая среда может повлиять на человеческое общество и его различные космические и наземные технологии».

В этом же отчёте представлены некоторые оценки социально-экономического воздействия явления космической погоды в октябре 2003 года на уязвимые технологии: «Энергетическая компания Sydkraft в Швеции сообщила, что сильные геомагнитные индуцированные токи (ГИТ) над Северной Европой вызвали проблемы с трансформаторами и даже отказ системы, и последующее отключение электричества. Уровень радиации в момент бури был достаточно высок, что заставило чиновников НАСА [Национального управления по авиации и исследованию космического пространства] отдать распоряжение астронавтам МКС [Международной космической станции] принять меры предосторожности. Авиакомпании предприняли беспрецедентные действия на своих маршрутах в высоких широтах, чтобы избежать высоких уровней радиации и зон отключения связи. Перенаправление рейсов обходится авиакомпаниям в размере от 10 000 до 100 000 долларов США за рейс. Многочисленные аномалии были зарегистрированы экспедициями по исследованию дальнего космоса и спутниками на всех орбитах. Группа ГЦКП [Годдардский центр

космических полётов] по обеспечению космических научных экспедиций сообщила, что под их воздействие попало приблизительно 59% экспедиций по изучению Земли и космоса. Предполагается, что бури стали причиной потери космического аппарата ADEOS-2 (усовершенствованный спутник для наблюдений за Землёй) стоимостью 640 млн долларов США. На борту ADEOS-2 находился прибор НАСА SeaWinds стоимостью 150 млн долларов США».

Сегодня тысячи спутников в околоземном пространстве обеспечивают прогноз погоды, связь, навигацию, телевизионное вещание и многое другое. Опасные условия космической погоды непосредственно влияют на спутниковые системы и мешают их работе по предоставлению обслуживания. Один из наиболее широко используемых видов спутникового обслуживания предоставляется Глобальной навигационной спутниковой системой (ГНСС); она имеет широкий спектр применения — от навигации до хронометража, а её пользователями являются представители самых разных секторов экономики — от авиации до банковского дела. Это обслуживание также уязвимо к воздействию суровой космической погоды. Например, явления, имевшие место в октября 2003 года, оказывали значительное влияние на работу Широкозонной усиливающей системы (ШЗУС), функционирующей на базе ГСOM [Глобальной системы определения местоположения] в течение примерно 30 часов.

Следует отметить, что событие Кэррингтона 1859 года было в несколько раз масштабнее, чем любое событие, произошедшее за последние 50 лет. Аналогичное событие сегодня привело бы к гораздо более глубоким и масштабным социально-экономическим нарушениям, чем любой из приведённых выше примеров. Растущая глобальная уязвимость к воздействию космической погоды является проблемой, вызывающей всё большую озабоченность. В период с 2008 по 2021 год было проведено множество исследований для оценки экономических и общественных последствий суровых явлений космической погоды и необходимого уровня обслуживания.

Источники явлений космической погоды и основные наблюдения за космической погодой

Для того чтобы предоставлять необходимое обслуживание, наблюдения за космической погодой необходимо проводить на всём пути от Солнца до Земли с высокой точностью, а обмен данными должен осуществляться своевременно. Это непростая задача, учитывая пространственную протяжённость области космической погоды и ограниченные возможности наблюдений для охвата пространства между Солнцем и Землёй, а также самой земной поверхности. Широкое разнообразие физических

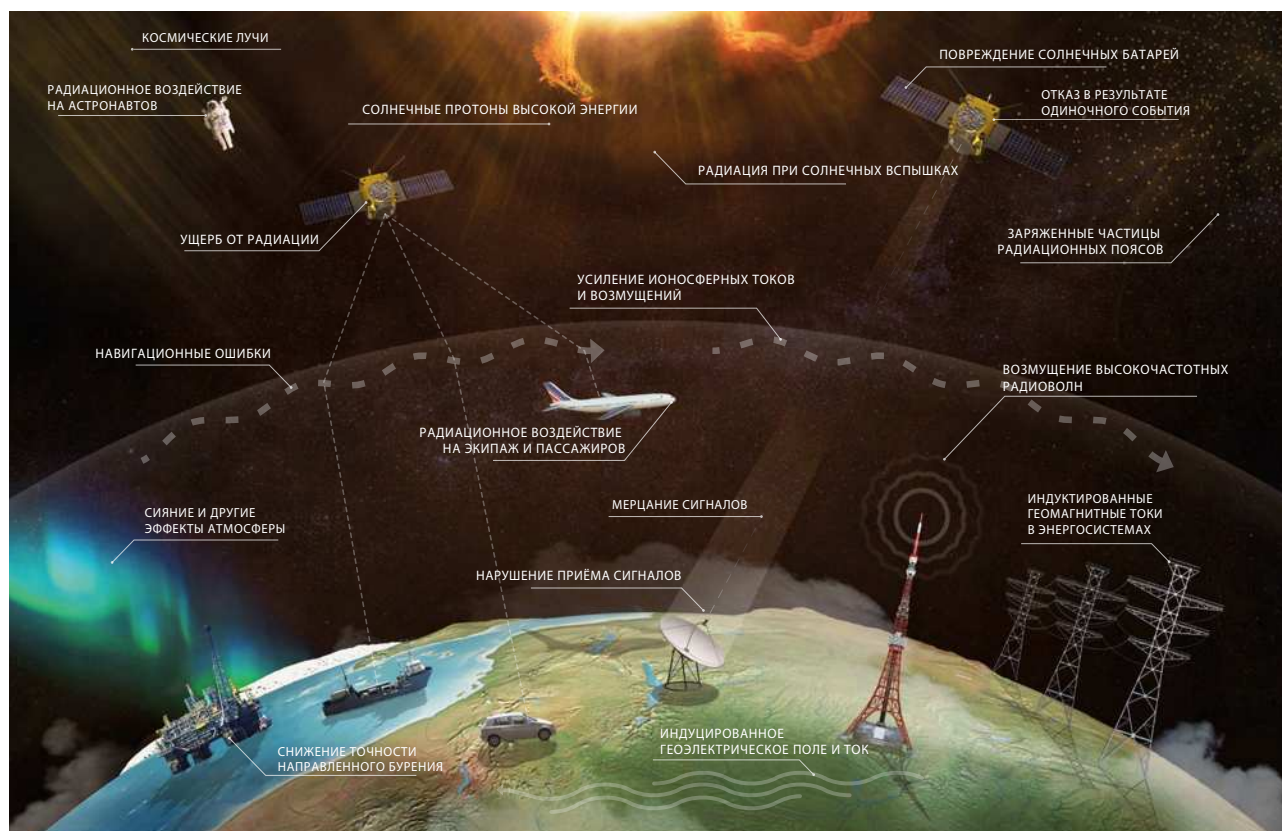


Рисунок 2. Явления космической погоды и объекты, испытывающие воздействие этих явлений в космосе и на Земле (©ESA/Science Office, CC BY-SA 3.0 IGO)

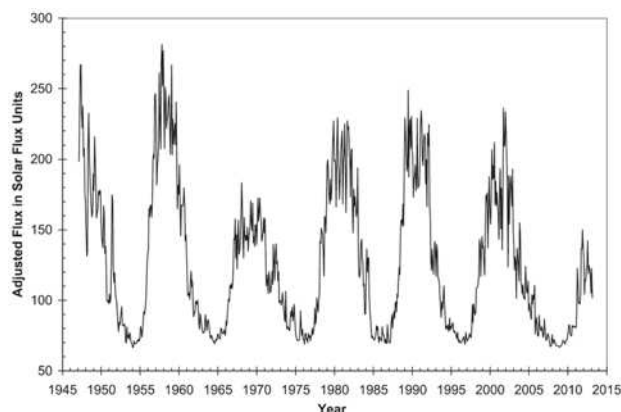


Рисунок 3. Радиообсерватория в Пентиктоне, Канада (слева) и её многолетние наблюдения за солнечным радиосигналом на длине волны 10,7 см (справа), показывающие 11-летние солнечные циклы (K. Tapping, 2013).

процессов, определяющих космическую погоду, требует разработки приборов с новыми возможностями. Численно сложные модели распространения возмущений космической погоды играют существенную роль в обеспечении прогнозов таких явлений.

Наблюдения за космической погодой опираются на наземные и космические приборы для оперативной деятельности и исследований, которые следят за состоянием (начиная с самых удалённых) Солнца, солнечного ветра и гелиосферы, магнитосферы, ионосферы, термосферы и наземного геомагнитного поля.

Существует несколько типов солнечных возмущений, которые приводят к различным явлениям в околоземном пространстве и на земле и оказывают различное воздействие на технологии (рис. 2). Два солнечных явления являются источниками самых быстрых воздействий космической погоды: солнечные вспышки, воздействие которых на Землю видно через несколько минут, и солнечные частицы высокой энергии (или СЧВЭ), достигающие Земли за несколько часов. Оба эти быстроразвивающиеся явления мешают работе спутников и возмущают ионосферу, оказывая влияние на сигналы радиосвязи и ГНСС. Кроме того, они могут повышать уровень радиации в околоземном пространстве и даже на больших высотах.

Более медленными, чем первые два явления, являются корональные выбросы массы (КВМ), представляющие собой выбросы плазмы, которые достигают Земли в течение одного-нескольких дней после возникновения на Солнце. Они являются причиной самых мощных геомагнитных и ионосферных бурь, воздействуя на многочисленные системы, работающие в космосе и на земле, такие как спутники на различных орбитах, средства связи, средства навигации и электросети.

Кроме того, существуют регулярно повторяющиеся явления, соответствующие периоду вращения Солнца (~ 27 дней), которые оказывают менее сильное воздействие на технологии. Более длительная

периодичность солнечной активности часто характеризуется числом солнечных пятен (и солнечным потоком радиоизлучения на длине волны 10,7 см). Они повторяются примерно каждые 11 лет и служат показателем солнечной «климатологии» на протяжении многих веков. Самые ранние данные наблюдений относятся примерно к 200 году до н.э.

Некоторые наблюдения за Солнцем обеспечиваются наземными обсерваториями — как оптическими, так и радиочастотными. Эти наблюдения необходимы для многих применений данных о космической погоде, включая мониторинг долгосрочной и краткосрочной солнечной активности, а также в качестве входных данных для моделей численного прогнозирования космической погоды (рис. 3). По данным [Международного астрономического союза](#), в настоящее время функционирует более 80 наземных солнечных обсерваторий.

Космические наблюдения за Солнцем добавляют важные измерения Солнца без помех со стороны земной атмосферы и позволяют отслеживать *in situ* распространение возмущений плазмы солнечного ветра и солнечных энергетических частиц (рис. 4).

Космические экспедиции обеспечивают наблюдения *in situ* за критически важными параметрами солнечных возмущений, таких как магнитное поле и характеристики заряженных частиц, прежде чем они достигнут Земли (рис. 5). Однако наземные измерения не менее важны, поскольку они обеспечивают критически важную ситуационную осведомлённость и во многих случаях служат в качестве важнейших входных данных для моделей прогнозирования.

Мониторинг наземных геомагнитных колебаний, которые влияют на наземную инфраструктуру, осуществляют геомагнитные обсерватории (рис. 6). Существует более 100 таких обсерваторий в рамках [консорциума Intermagnet](#) и ещё больше за рамками Intermagnet, управляемых, например, университетами. За приземным усилением нейтронов, вызванных взаимодействием высокоэнергетических частиц

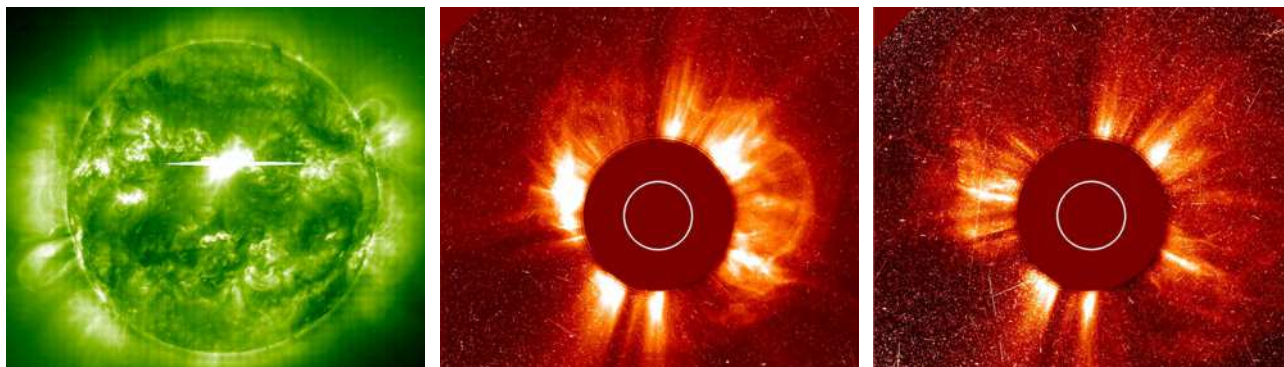


Рисунок 4. Спутниковые наблюдения за событием космической погоды 14 июля 2000 года в различных диапазонах длин волн, выполненные Обсерваторией для наблюдения за Солнцем и проведения гелиосферических исследований (SOHO). Слева: вспышка на Солнце в 10:24 по всемирному времени; в середине — полное гало выброса корональной массы в 10:54 по всемирному времени (скрыта самая яркая центральная часть Солнца); справа — «снег» из-за последующего воздействия солнечных частиц высокой энергии на спутниковое устройство получения изображений в 11:30 по всемирному времени (любезно предоставлено НАСА/EKA)

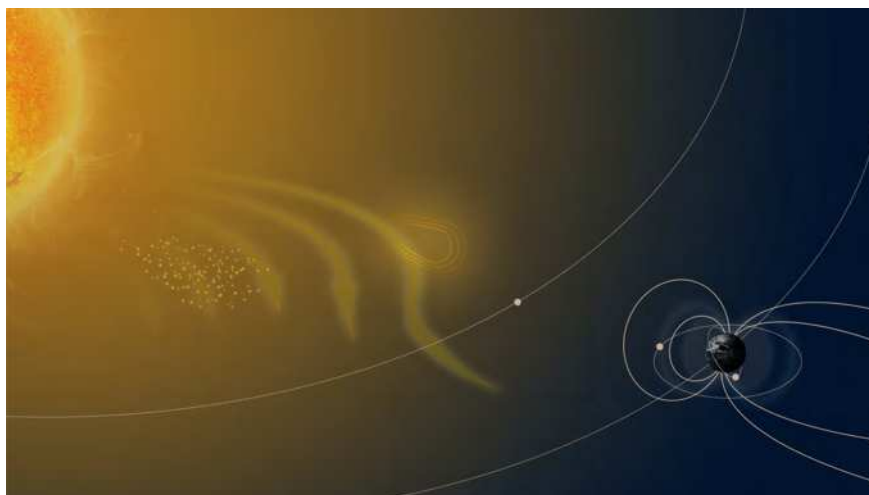
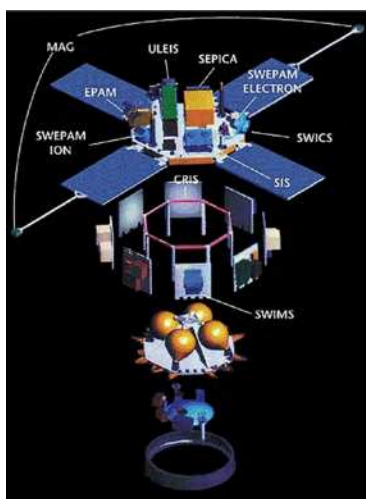


Рисунок 5. Слева — компоненты спутника ACE с многочисленными детекторами частиц в центре и магнитометрами, прикреплёнными к солнечным панелям (любезно предоставлено NASA); справа — художественная иллюстрация спутников, наблюдающих за космической погодой на разных орбитах (<https://www.nesdis.noaa.gov/content/top-5-times-solar-activity-affected-earth>)

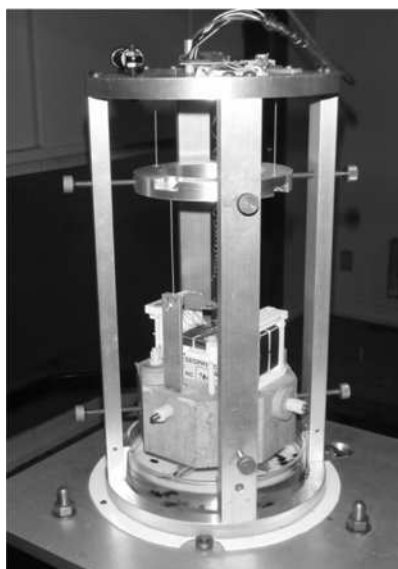


Рисунок 6. Слева: Магнитометр (из работы Hrvoic and Newitt); справа — фото геомагнитной обсерватории в Икалуите, Канада (любезно предоставлено Марком Ламотом)

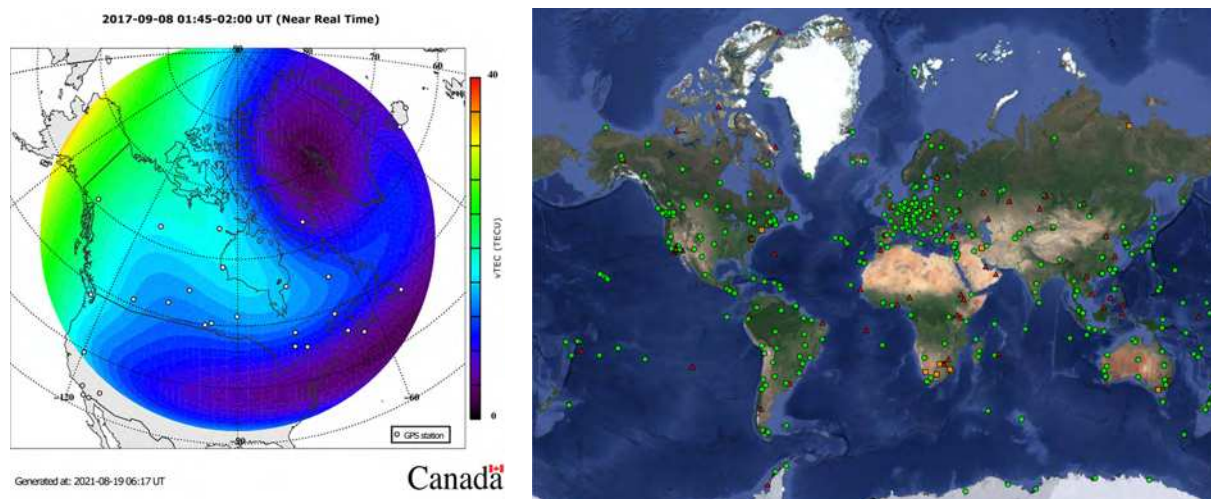


Рисунок 7. Слева — карта общего содержания электронов в ионосфере над Канадой, полученная с помощью данных ГНСС (<https://www.spaceweather.gc.ca/data-donnee/ionosphere/index-en.php>); справа — карта станций слежения ГНСС (<https://igs.org/network/>).

с атмосферой, наблюдают нейтронные мониторы (~35 станций) и эти наблюдения используются в моделях радиации на разных высотах.

Мониторинг ионосферной «погоды» с земли осуществляется как активными, так и пассивными методами с помощью примерно 80 ионозондов, около 40 риометров и многочисленных ГНСС-приёмников по всему миру (около 500). Ионосферные «гибридные» измерения обеспечиваются наземными приёмниками сигналов спутников ГНСС (рис. 7).

Следует подчеркнуть, что отсутствие достаточного мониторинга *in situ* (т.е. из космоса) за возникновением и распространением солнечных возмущений является проблемой, которая не будет полностью решена в ближайшем будущем. Однако прогресс

может быть достигнут благодаря скоординированному подходу к выявлению пробелов в наблюдениях и определению приоритетов скоординированных космических экспедиций.

Аналогичным образом, наземные сети наблюдений, находящиеся в ведении различных организаций — от правительств до университетских исследовательских групп — обеспечивают ограниченный географический охват. У них разные приоритеты и возможности, и в настоящее время их усилия не координируются в рамках единой системы космической погоды для своевременного предоставления надёжных оперативных данных высокого качества. Для успешного смягчения вредных воздействий космической погоды необходимо приложить усилия для обеспечения достаточных возможностей для наблюдений на Земле и в космосе,

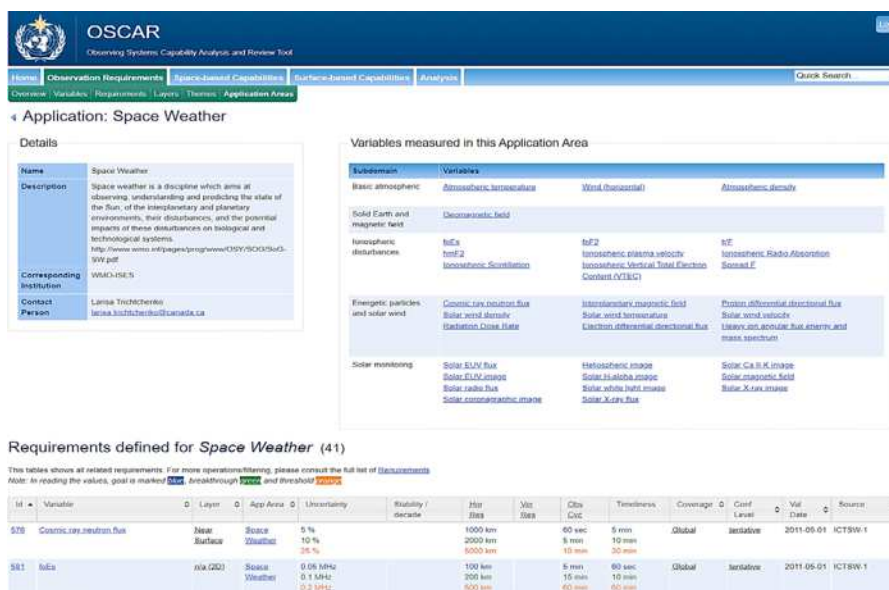


Рисунок 8. Потребности в наблюдениях за космической погодой, представленные в рамках Инструмента OSCAR ВМО (https://space.oscar.wmo.int/applicationareas/view/space_weather).

а также возможностей для численного моделирования как самих явлений, так и их технологических воздействий. Масштаб этих усилий выходит за рамки возможностей какой-либо отдельной страны. Поэтому этот вопрос решается путём скоординированных усилий под руководством ВМО (рис. 8).

Как и в случае наблюдений за системой Земля, таким как наблюдения за погодой, климатом и составом атмосферы, космические и наземные системы наблюдения за космической погодой лучше всего координировать, используя принципы Интегрированной глобальной системы наблюдений ВМО (ИГСНВ). Единообразная, гарантирующая качество продукция наблюдений за космической погодой должна быть свободно и открыто доступна для Членов и более широкой аудитории через Информационную систему ВМО (ИСВ) в соответствии со стандартами ВМО.

Обслуживание в области космической погоды и ВМО: последовательный прогресс на пути создания Службы космической погоды

Первое предсказание явления космической погоды (т.е. полярного сияния) было сделано в середине 1700-х годов, как представлено в работе Кейда. Первый прогноз влияния космической погоды на технологии, согласно презентации Г. Мейджора в 2016 году, был связан с телеграфом. Он был опубликован в 1879 году (когда число солнечных пятен начало расти) в журнале Общества телеграфных инженеров и электриков, чтобы предупредить телеграфное сообщество о возможном повышении геомагнитной активности и связанных с этим проблемах в работе телеграфа.

Начало регулярному прогнозированию условий космической погоды было положено [Международным радиотехническим союзом](#) (URSI). Он признал, что изменения в космической среде будут влиять на радиосигналы, и предложил передавать ежедневные радиокосмические бюллетени (URSIgrams). Первая передача информации об условиях распространения радиосигнала состоялась в 1928 году с Эйфелевой башни.

В настоящее время обслуживание, связанное с космической погодой, предоставляют 20 центров космической погоды, расположенных в разных странах. С 1962 года [Международная служба космической среды](#) (ISES) служит как основная «зонтичная» организация [по вопросам обслуживания, связанного с космической погодой](#), выступая в качестве форума для обмена данными, обмена и сравнения прогнозов, обсуждения потребностей пользователей и определения самых высоких приоритетов для улучшения обслуживания.

Учитывая планетарный масштаб явлений космической погоды, необходима глобальная координация, которая будет играть ключевую роль в повышении устойчивости стран к воздействию космической

погоды. ВМО — одна из немногих организаций, которая способствует оперативному глобальному сотрудничеству. По существу, Организация имеет возможность организовать предоставление соответствующей информации о космической погоде всем Членам ВМО в рамках наращивания потенциала.

Исполнительный совет ВМО (ИС-60) отметил значительное воздействие космической погоды на критически важную инфраструктуру и важные области деятельности человека и признал потенциальные преимущества совместных действий по обслуживанию в области метеорологии и космической погоды для оперативных пользователей. Шестнадцатый Всемирный метеорологический конгресс (Кг-16) признал необходимость скоординированных усилий Членов ВМО по защите общества от глобальных опасностей космической погоды. В мае 2010 года ВМО учредила Межпрограммную координационную группу по космической погоде (МКГКП), которая в свою очередь разработала первый четырёхлетний план координации деятельности ВМО в области космической погоды (ЧЛП на 2016–2019 годы).

В мае 2015 года Семнадцатый Всемирный метеорологический конгресс (Кг-17) согласился с тем, что ВМО следует координировать международный оперативный мониторинг и прогнозирование космической погоды для защиты жизни людей, имущества и важных объектов инфраструктуры, а также для смягчения воздействий на экономическую деятельность. В 2016 году Шестдесят восьмая сессия Исполнительного совета (ИС-68) утвердила Четырёхлетний план на 2016–2019 годы и создание Межпрограммной группы по информации, системам и обслуживанию в области космической погоды (МПП-ИСОКП). Обновлённый ЧЛП на 2020–2023 годы был утверждён Кг-18 в 2019 году.

В связи с растущей потребностью в улучшении обслуживания, связанного с космической погодой и, следовательно, в наблюдениях за космической погодой, ВМО также рассматривает потребность в наблюдениях за космической погодой в новой Единой политике ВМО в отношении данных. Новая политика станет основой для определения базовых наблюдений, необходимых для обслуживания в области космической погоды и будет подробно описана в Техническом регламенте ВМО.

В настоящее время ведётся работа по интеграции космической погоды в основную деятельность ВМО с целью создания Глобальной службы космической погоды. Для этого космические и наземные системы наблюдения за космической погодой должны быть скоординированы с использованием принципов ИГСНВ и единообразной, качественной продукции в области космической погоды, доступной для Членов через ИСВ.

Список литературы доступен в онлайн-режиме

Ни один Член не остался без внимания — Часть 1: Мнение развивающихся стран в отношении обмена данными в области метеорологии

Агнès Киджази, Постоянный представитель Объединённой Республики Танзания при ВМО и Третий вице-президент ВМО; Дауда Конате, Постоянный представитель Кот-д'Ивуар при ВМО и Президент Региональной ассоциации I (Африка) ВМО; Арона Нгари, Постоянный представитель Островов Кука при ВМО; Арлин Лаинг, Постоянный представитель Британских Карибских Территорий при ВМО и член Исполнительного совета ВМО

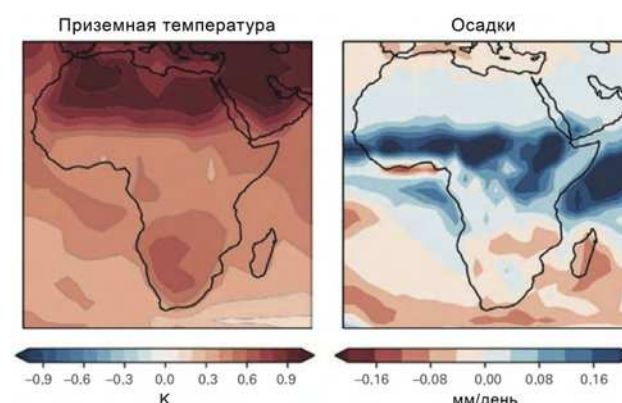
Определяющей характеристикой метеорологии является то, что по сути своей она носит глобальный характер как с научной, так и с оперативной точки зрения, о чём говорилось в первой статье данного бюллетеня. Поэтому все страны заинтересованы в сотрудничестве, сборе и обмене данными, необходимыми для мониторинга и прогнозирования погоды и климата. Все страны признают это и в принципе согласны с этим, однако международный обмен данными по-прежнему не удовлетворяет потребности, особенно во многих развивающихся странах. В данной статье освещаются некоторые основные причины такой ситуации и приводится мнение развивающихся стран касательно новой Единой политики ВМО в отношении данных и её ожидаемом влиянии на развитие потенциала и предоставление обслуживания в этих странах.

Важность обмена данными для развивающихся стран: проблемы и своевременность (Дауда Конате)

Постоянный рост числа стихийных бедствий, связанных с климатом, во всём мире явно указывает на необходимость укрепления международного сотрудничества в области систем и обслуживания, которые помогают спасать жизни и защищать имущество. Наиболее важными элементами являются системы, созданные для получения и обмена данными наблюдений, необходимыми для глобальных численных моделей, которые используются для поддержки мониторинга и прогнозирования системы Земля. Конечная ответственность за проведение фактических наблюдений и за начальное звено в коммуникационной цепи обмена данными лежит на отдельных государствах — членах и территориях — Членах ВМО. Однако, согласно

Конвенции, ВМО несёт ответственность за выполнение фундаментальной задачи по координации и содействию проектированию, введению в действие и эксплуатации этих систем. Основным инструментом ВМО для этого являются её политика в отношении данных (например резолюция 40 (Кг-XII)) и её Технический регламент.

Сегодня не все необходимые данные наблюдений за системой Земля доступны для свободного и неограниченного обмена всеми заинтересованными сторонами из-за различных ограничений



Многомодельные усреднённые прогнозы приземной температуры и осадков на пятилетний период 2020–2024 годы. Цветом отмечены аномалии относительно периода 1981–2010 годов для среднего значения нескольких международных прогнозов, подготовленных в качестве вклада в работу Ведущего центра годового/десятилетнего прогнозирования климата (ВЦ-ГДПК) (<https://hadleyserver.metoffice.gov.uk/wmolc/>). Прогнозы инициируются посредством использования наблюдений и начинаются 1 ноября 2019 года или после этой даты (Источник: Метеорологическая служба Великобритании)

в доступе к данным на национальном уровне. При попытке исправить эту ситуацию развивающиеся страны сталкиваются с тремя основными проблемами:

- низкий уровень инвестиций в сеть наблюдений, что приводит к низкой пространственной плотности наблюдений;
- опасения по поводу того, что свободный и неограниченный обмен данными приведёт к потере потенциального дохода, который в противном случае мог бы стать важным дополнительным источником финансирования, например для поддержания сети наблюдений;
- недостаточность ресурсов для наращивания человеческого и материального потенциала, необходимого для улучшения предоставления климатического обслуживания с добавленной стоимостью.

Эти проблемы во многом объясняются низким уровнем финансовых ресурсов, выделяемых правительствами развивающихся стран на системы наблюдения и обмена данными.

Многие из нас в развивающихся странах видят проблеск надежды в новой Единой политике ВМО в отношении данных, которая представляет собой глобальное обязательство по поддержке и укреплению свободного и неограниченного обмена данными. Одним из примеров является механизм, реализуемый через Фонд финансирования систематических наблюдений (ФФСН), который станет важным рычагом для оказания технической и финансовой поддержки в реализации свободного и неограниченного обмена ключевыми данными наблюдений. Мы надеемся, что новая политика в отношении данных позволит реализовать аналогичные инициативы по наращиванию потенциала по всей цепочке создания стоимости, включая сбор, обработку, архивирование и производство

данных для климатического обслуживания и тем самым поможет укрепить устойчивость всех экономических секторов развивающихся стран.

Полный, свободный и открытый доступ к данным, как это определено в Единой политике ВМО в отношении данных, поможет нам оптимизировать качество продукции и максимизировать выгоды для общества в развивающихся странах. Пробелы в наблюдениях за системой Земля необходимо заполнить путём расширения взаимодействия между НМГС и сообществами партнёров. Такое взаимодействие принесёт большую взаимную пользу. Таким образом, тесное государственно-частное партнёрство имеет большое значение, поскольку оно может открыть новые возможности в цепочке создания стоимости мониторинга и прогнозирования системы Земля. Для содействия этому ВМО призывает своих Членов принять или скорректировать необходимое законодательство и создать бизнес-модели, позволяющие реализовать государственно-частное партнёрство, как это предусмотрено Женевской декларацией 2019 года. Для этого потребуются целенаправленные усилия всех заинтересованных сторон с тем, чтобы принять участие и поддержать Единую политику ВМО в отношении данных.

Важность обратных потоков данных в развивающиеся страны (Агнёс Киджази)

Развивающиеся страны, включая наименее развитые страны (НРС), развивающиеся страны, не имеющие выхода к морю (РСНВМ), малые островные развивающиеся государства (МОСРГ) и территории являются одними из наиболее уязвимых к последствиям изменения климата. Это связано с различными факторами, включая географию, местоположение (в тропических и



субтропических зонах), ограниченные ресурсы и низкий адаптационный потенциал (Adejuwon et al., 2000; UN, 2009; WHO, 2018; IOM, 2019). Многие из этих стран уже испытывают на себе растущую изменчивость климата и разрушительные последствия его изменения, особенно в результате всё более частых экстремальных явлений погоды. Ситуация усугубляется огромными пробелами в инфраструктурном потенциале в части наблюдения и мониторинга погоды, обработки данных, прогнозирования погоды и распространения метеорологических данных в развивающихся странах, что ограничивает их способность эффективно предоставлять качественное метеорологическое, климатическое и гидрологическое обслуживание. Многие также не имеют достаточных ресурсов для поддержания и обеспечения функционирования необходимой инфраструктуры (WMO, 2021: Hydromet Gap Report).

Учитывая эти обстоятельства, пора принять меры по укреплению потенциала для предоставления метеорологического и климатического обслуживания в развивающихся странах и тем самым помочь им эффективно адаптироваться к изменению климата. Необходимо принять срочные меры для укрепления всей метеорологической цепочки создания стоимости в развивающихся странах (WMO, 2021: Hydromet Gap Report). В поддержку этого 18-й Всемирный метеорологический конгресс принял резолюцию 34 о Глобальной опорной сети наблюдений (ГОСН), которая потребует от Членов ВМО ввести в действие минимальное количество наземных станций наблюдений, для которых международный обмен данными наблюдений будет обязательным. Это необходимый шаг для обеспечения того, чтобы глобальные системы численного прогнозирования погоды (ЧПП), которые лежат в основе всего метеорологического и климатического обслуживания, получали отвечающие требованиям данные наблюдений из всех частей земного шара.

В «Стратегическом плане ВМО на 2020–2023 годы», принятом в 2019 году, также изложено видение мира, в котором все Члены, особенно наиболее уязвимые, к 2030 году будут устойчивыми к потрясениям, связанным с погодой, климатом и водой. Для реализации этого видения необходимо расширить и увеличить доступ всех заинтересованных сторон к высококачественной и усовершенствованной метеорологической, климатической и гидрологической продукции и обслуживанию. Это позволит лучше планировать меры по адаптации под руководством правительства и будет способствовать принятию обоснованных решений по повышению устойчивости и производительности во всех секторах экономики. Таким образом ВМО также поможет правительству в достижении целей Повестки дня в области устойчивого развития

на период до 2030 года, Парижского соглашения Рамочной конвенции ООН об изменении климата и Сендайской рамочной программы по снижению риска бедствий на 2015–2030 годы (WMO, 2019: Strategic Plan).

В Стратегическом плане ВМО на 2020–2023 годы определены пять долгосрочных целей и задачи по устранению конкретных пробелов в потенциале по всей метеорологической цепочке создания стоимости:

- i) укрепление систем метеорологических наблюдений и моделирования путём использования комплексного подхода к мониторингу и прогнозированию системы Земля;
- ii) оптимизация доступности данных, управления данными и их обработки путём интеграции данных о системе Земля из различных областей для улучшения прогнозов (долгосрочная цель 2);
- iii) быстрая передача новых научных знаний для оперативного использования, что позволит усовершенствовать метеорологическое, климатическое, гидрологическое и связанное с ними обслуживание в области окружающей среды;
- iv) решение основных проблем, связанных с предоставлением обслуживания, путём повышения доступности, своевременности, надёжности и применимости метеорологической информации.

Достижение этих целей повысит качество обслуживания и поможет обеспечить доступность важнейшей метеорологической, климатической и гидрологической информации и обслуживания для всех заинтересованных сторон, включая правительства, деловой сектор и граждан (WMO, 2019).

Особенно важным этапом станет укрепление международного обмена данными в поддержку создания продуктов ЧПП с высоким разрешением. Это создаст двусторонний поток данных между основными группами заинтересованных сторон: с одной стороны, национальные метеорологические и гидрологические службы (НМГС) и другие поставщики (включая космические агентства) данных наблюдений, которые будут предоставлять для обмена базовые данные наблюдений и которым следует также предоставлять для обмена рекомендуемые данные, с другой стороны, глобальные центры ЧПП, которые будут использовать предоставленные данные наблюдений для расчётов с помощью глобальных моделей, что позволит создать комплекты данных анализа и прогнозирования с высоким разрешением для метеорологического и климатического обслуживания.

С точки зрения развивающихся стран, мы приветствуем тот факт, что новая Единая политика ВМО

в отношении данных призывает к тому, чтобы продукция с использованием данных ЧПП с высоким разрешением предоставлялась для общего пользования и была доступна всем Членам ВМО на бесплатной и неограниченной основе. Это будет полезно для улучшения прогнозов и других видов метеорологического и климатического обслуживания, предоставляемого заинтересованным сторонам. Продукция с использованием спутниковых данных, предоставляемая космическими агентствами, будет полезна не только для усвоения в моделях ЧПП и в исследовательских целях, но также и для поддержки верификации прогнозов на национальном, региональном и глобальном уровнях.

Ещё одним вопросом, который необходимо будет рассмотреть при оптимизации цепочки создания стоимости, является расширение возможностей развивающихся стран для непрерывного мониторинга их сквозной системы подготовки прогнозов. Этого можно достичь путём разработки и поддержки оперативных систем верификации, сосредоточенных на контроле качества данных и верификации выходных данных моделей ЧПП, полученных на основе комплектов данных, предоставленных в рамках обмена.

В последние годы прогнозы и предупреждения с учётом воздействий стали нормой для поддержки принятия решений пользователями. Однако некоторые элементы в предоставлении прогнозов с учётом воздействий по-прежнему остаются субъективными. Более глубокое понимание и моделирование опасного явления и его последствий необходимо для того, чтобы завершить «последнюю милю» в полной метеорологической цепочке создания стоимости, отсюда и важность обратных потоков данных в развивающиеся страны.

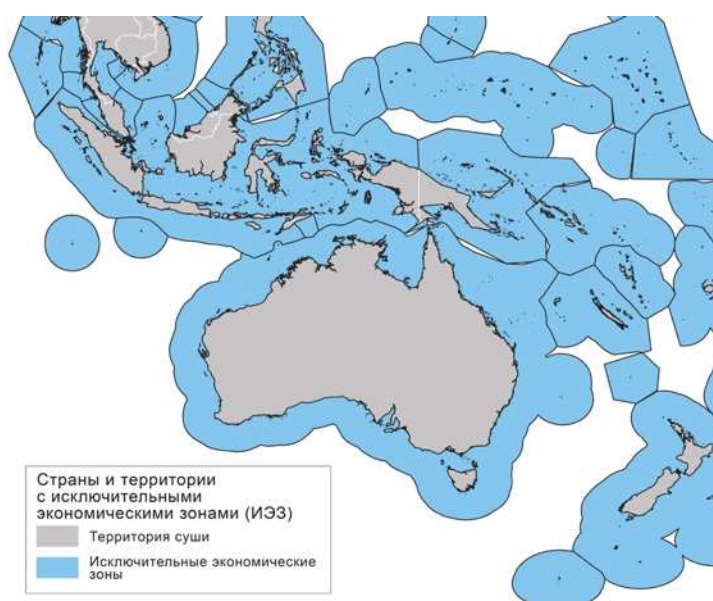
Охват данными территории МОСРГ, и в частности их ИЭЗ (Арона Нгари)

Охват данными наблюдений во многих малых островных развивающихся государствах (МОСРГ), особенно в Тихоокеанском регионе, совершенно недостаточный и неуклонно ухудшается. Данные мониторинга, собранные ВМО, свидетельствуют о том, что ситуация в некоторых районах может вскоре достичь стадии, когда количество наблюдений больше не сможет поддерживать реальное метеорологическое обслуживание.

Тихоокеанские МОСРГ имеют очень большие исключительные экономические зоны (ИЭЗ), которые в некоторых случаях охватывают миллионы квадратных километров, то есть, это территории, по которым МОСРГ несут, помимо прочего, ответственность за предоставление данных наблюдений. Эти МОСРГ сталкиваются с огромными трудностями при сборе данных в своих ИЭЗ и поддержании надёжных систем связи, необходимых для передачи данных.

Отсутствие данных наблюдений в этих районах вызывает серьёзную озабоченность — и не только в самих МОСРГ, где оно оказывает значительное негативное влияние на качество выходных данных моделей, используемых для анализа климата и прогнозирования погоды. Это также является предметом озабоченности всего мирового сообщества, поскольку повсеместно влияет на качество данных мониторинга и прогнозирования.

Для МОСРГ содержание НМГС даже с достаточно базовым уровнем возможностей для предоставления обслуживания является серьёзным экономическим бременем. Фактически в некоторых очень



маленьких и слабых островных государствах поддерживать НМГС только за счёт местных ресурсов невозможно. Эта ситуация усугубляется тем, что многие МОСРГ подвержены целому ряду бедствий, связанных с природными явлениями, такими как цунами, тропические циклоны, наводнения и др. В последнем докладе (РГ1, ОД6) Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК) указывается, что эти угрозы не уменьшатся в будущем.

Три инициативы, предпринятые ВМО, предлагают возможность восполнить эти недостатки для МОСРГ и тем самым решить некоторые из основных вопросов, поднятых в программе «Путь Самоа» (http://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/69/15&Lang=E). Первый вопрос связан с Глобальной опорной сетью наблюдений (ГОСН), которая поможет улучшить качество данных мониторинга и прогнозирования в МОСРГ и их ИЭЗ. Второй вопрос — это Фонд финансирования систематических наблюдений (ФФСН), который будет оказывать необходимую поддержку МОСРГ, чтобы они могли реализовать свой вклад в ГОСН и управлять им. Третий вопрос относится к новой Единой политике ВМО в отношении данных, которая позволит всем Членам в полной мере воспользоваться указанными возможностями.

Единая политика ВМО в отношении данных как инструмент обмена данными для развивающихся Членов (Арлин Лаинг)

Единая политика ВМО в отношении данных обещает принести огромную пользу развивающимся Членам. Развивающиеся страны уже сейчас бесплатно получают гораздо больше данных, чем

предоставляют, — данных, сбор которых они не смогли бы обеспечить сами. На самом деле это касается всех Членов ВМО, даже самых богатых, поскольку ни один Член не может самостоятельно собрать все данные, необходимые для мониторинга и прогнозирования. Все выигрывают, когда данные находятся в общем доступе и тем самым становятся доступными для умных и склонных к новаторству людей и организаций по всему миру, которые могут экспериментировать с ними и разрабатывать улучшенные способы их использования. Например, свободно доступные данные глобального реанализа и выходные данные глобальных климатических моделей дали возможность развивающимся странам с эндемическими трансмиссивными заболеваниями соотнести определённые условия окружающей среды с риском возникновения эпидемий, что позволило принимать более обоснованные решения в области общественного здравоохранения. Обзор соответствующих исследований для Африки можно найти в работах (Githeko et al., 2014; Thomson et al., 2018). Эта проблема напрямую не касается развитых стран, которые предоставляют данные глобального реанализа и моделирования, и поэтому они вряд ли стали бы изучать и развивать эту конкретную область применения своих данных.

Карибский бассейн, являющийся одним из наиболее подверженных опасным явлениям регионов мира, уже испытывает повышение приземных температур и уязвим для негативных последствий изменения климата. Эффективное снижение риска бедствий и адаптация к климату требуют интеграции данных из разных стран и различных секторов, что обуславливает необходимость политики в отношении данных, обеспечивающей эффективный обмен данными. Эти сообщения послужили импульсом для проведения сессии под названием «Наличие данных для



эффективного формирования политики и принятия решений» на 11-м совещании Карибского сообщества (КАРИКОМ), ассоциированных учреждений и системы ООН, состоявшемся 20–21 июля 2021 года. На совещании Карибская метеорологическая организация (КМО), специализированное учреждение КАРИКОМ, отметила роль ВМО в координации обмена данными на глобальном уровне и подчеркнула общественную пользу политики ВМО, продемонстрированную на протяжении многих десятилетий. Государствам — членам КАРИКОМ — напомнили о преимуществах политики обмена данными ВМО, которая поддерживает многие секторы. Особое значение имеет обмен данными в режиме реального времени для обеспечения безопасности перевозок воздушным и морским транспортом, что имеет критически важное значение для туризма, являющегося основной экономической движущей силой многих малых островных развивающихся государств (МОСРГ) в Карибском и Тихоокеанском регионах.

Было показано, что данные из развивающихся стран тропической зоны имеют критически важное значение для обеспечения эффективности глобальных моделей погоды и повышения успешности прогнозов в средних широтах, где расположено большинство глобальных центров ЧПП. Например, положительное влияние большего количества радиозондовых наблюдений над Западной Африкой распространилось на северо-восток и оказало положительное влияние на точность прогноза погоды над Европой (Faccini et al., 2009; Agusti-Panareda et al., 2010). Кроме того, наблюдения с помощью сбрасываемого зонда в тропической зоне восточной части Тихого океана с недостаточным количеством наблюдений позволили улучшить глобальные прогнозы (Solomon and Compo, 2016). Поэтому существуют стимулы для того, чтобы МОСРГ предоставляли данные наблюдений и в свою очередь получали выходные данные глобальных моделей для помощи в принятии решений и развитии общества. Единая политика ВМО в отношении данных является средством, обеспечивающим обмен этими критически важными данными.

Исследователи в развивающихся странах также получают пользу от свободного обмена данными в рамках Единой политики ВМО в отношении данных. Например, исследования изменчивости и изменения климата основаны на данных, которые Члены ВМО свободно предоставляют исследователям. Группа климатических исследований Университета Вест-Индии в Моне, например, возглавила исследования, показавшие, что повышение средней глобальной температуры на 1,5 °C является переломным моментом в плане воздействия климата на Карибский бассейн (Taylor et al., 2018). Эти результаты помогли сформировать понимание уязвимости к изменению климата на

национальном, региональном и международном уровнях и определили политику Конференции Сторон Рамочной конвенции ООН об изменении климата (РКИК ООН) и Международной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК), способствуя укреплению позиций развивающихся стран.

Ценность данных заключается в их использовании для принятия более эффективных решений, что становится возможным, когда данные доступны в форме, соответствующей индивидуальным срокам принятия решений. Для большинства МОСРГ Карибского бассейна плотность их сетей наблюдения за поверхностью суши соответствует требованиям ГОСН, и они в основном нуждаются в поддержке для обеспечения передачи данных в глобальные центры. Для МОСРГ Карибского бассейна чрезвычайно важно иметь больше морских наблюдений, продукции и видов обслуживания, и особенно осуществлять более эффективный мониторинг тропических циклонов, поддерживать «голубую экономику» и вносить вклад в Десятилетие наук об океане в интересах устойчивого развития ООН. Есть надежда, что такие инициативы, как ФФСН, будут способствовать развёртыванию и устойчивости морских наблюдений для Карибских МОСРГ.

Резюме

Для решения многочисленных проблем развивающихся Членов ВМО и содействия реализации Стратегического плана ВМО улучшение международного обмена данными о системе Земля, как указано в Единой политике ВМО в отношении данных (резолюция 1 (Кг-Внеоч.(2021))), является крайне необходимым первым шагом. Реализация этой политики облегчит доступ к продукции ЧПП с высоким разрешением и другим выходным данным моделей, что поможет НМГС развивающихся стран предоставлять высококачественное и более эффективное обслуживание. Это обслуживание будет способствовать принятию более эффективных решений на благо нынешнего и будущих поколений.

**Список литературы доступен
в онлайн-режиме**

Ни один Член не остался без внимания — Часть 2: Мнения партнёров по развитию относительно преодоления проблем, касающихся устойчивости сетей наблюдений и обмена данными — усвоенные уроки

Лорена Сантамария и Ларс Питер Ришойгаард, Секретариат ВМО; Джон Хардинг, руководитель Секретариата инициативы «Климатические риски и система заблаговременных предупреждений» (КРСЗП); Бенджамин Ларрокетт, региональный технический советник группы ПРООН по вопросам природы, климата и энергетики; Йохем Зоэтелиф, руководитель группы климатического обслуживания и наращивания потенциала Научного отдела Программы ООН по окружающей среде (ЮНЕП)

За последние два десятилетия агентства по развитию¹ инвестировали сотни миллионов долларов США в проекты, направленные на улучшение сетей метеорологических наблюдений в развивающихся странах. Их целью было и остаётся оказание помощи тем развивающимся странам, которые не могут выполнить обязательства по обеспечению функционирования и поддержания своих национальных сетей наблюдений и обмена данными на регулярной основе. Метеорологическое, гидрологическое и климатическое обслуживание зависит от устойчивой, скоординированной всемирной системы сбора данных наблюдений в режиме реального времени и обмена ими, и все Члены ВМО обязаны вносить свой вклад в этот обмен. Невыполнение этих обязательств каким-либо Членом Организации отрицательно сказывается на качестве продукции мониторинга и прогнозирования погоды и климата как на местном, так и на глобальном уровне.

Сохраняющаяся нехватка потенциала привела к росту числа проектов по развитию, направленных на укрепление сетей метеорологических наблюдений. Однако результаты часто оказываются неоптимальными. В данной статье освещаются некоторые из основных причин, по которым сети наблюдений, поддерживаемые агентствами по

развитию, часто не могут получить постоянную поддержку в развивающихся странах, и предлагается несколько примеров путей улучшения поддержки.

Недостаток наземных наблюдений — постоянная глобальная проблема

Несмотря на то, что в течение нескольких десятилетий осуществлялись значительные инвестиции в укрепление метеорологического сектора в развивающихся странах, многие районы земного шара по-прежнему далеки от цели, состоящей в обеспечении непрерывного, надёжного международного обмена данными наземных наблюдений в режиме реального времени. На рисунке 1 показан международный обмен данными наблюдений *in situ* за приземным давлением — ключевой входной переменной для численного моделирования системы Земля — по состоянию на 9 сентября 2021 года. Ситуация тяжёлая, особенно в районах, где станции наблюдения показаны чёрным цветом (обмен данными наблюдений не производится), красным цветом (эпизодический обмен данными наблюдений) или вообще слишком мало станций. Мало того, что в этих районах будет практически невозможно предоставлять высококачественную

1 Данная статья в значительной степени опирается на проходящий экспертную оценку отчёт «Стратегическая концепция: Планирование действий для устойчивого развития сетей метеорологических и гидрологических наблюдений в развивающихся странах». Авторы: Циркунов, Граймс, Роджерс, Варли, Шуманн, Дэй с участием ПГМО, 2021 г., подготовленный в рамках инициативного проекта Всемирного банка.

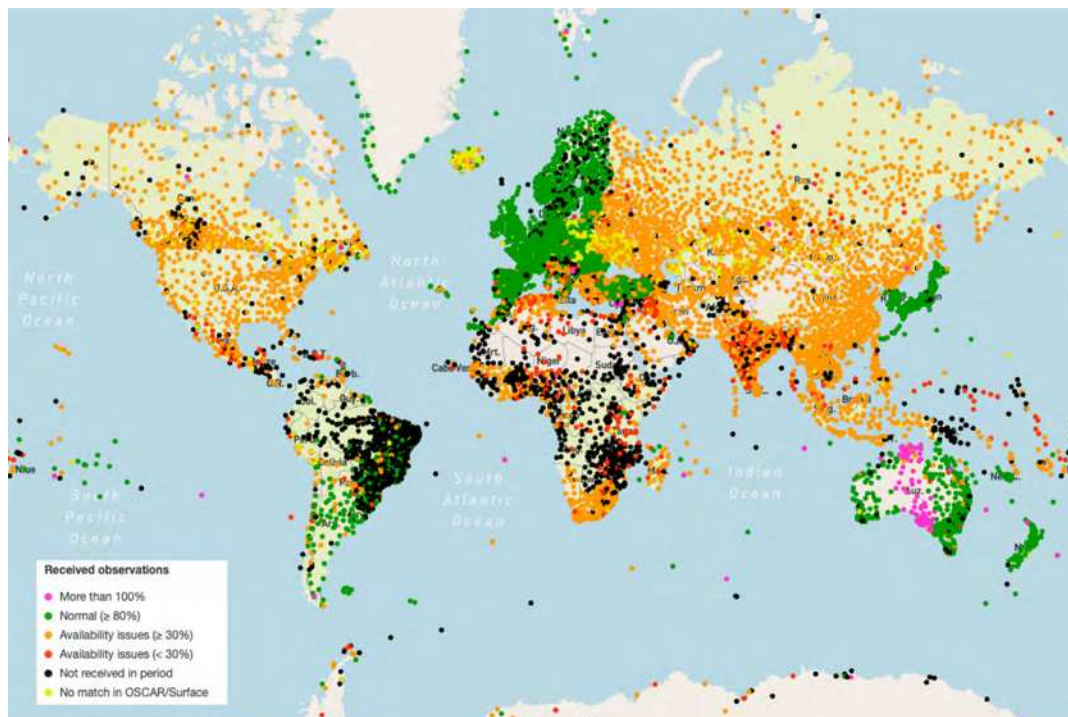


Рисунок 1. Данные наблюдений за приземным давлением, полученные глобальными центрами ЧПП 9 сентября 2021 года (Источник: Система мониторинга качества данных ИГСНВ)

прогностическую продукцию, также будет трудно оценить, насколько хороши прогнозы, поскольку нет наблюдений, по которым их можно верифицировать. Спутниковые наблюдения могут помочь обеспечить реалистичное модельное представление крупномасштабной атмосферной динамики в верхних слоях атмосферы, но не могут быть использованы для верификации прогнозов приземной погоды. Без обмена данными приземных наблюдений остальная часть метеорологической цепочки создания стоимости (см. [статью 1](#), рис. 1) не имеет достаточных оснований.

В течение десятилетий сообщество ВМО было обеспокоено недостатком наблюдений в развивающихся странах, и было предпринято много попыток решить эту проблему. Однако, несмотря на усилия, пробел в данных во многих местах растёт. Например, количество радиозондовых наблюдений над Африкой, предоставляемых для глобальных моделей, сократилось примерно на 50 % в период с 2015 по начало 2020 года. Почему значительные инвестиции в системы наблюдений не привели к увеличению обмена данными наблюдений?

Отсутствие глобального подхода

В значительной степени недостаток результатов можно объяснить отсутствием *глобального подхода*. Проекты по развитию, как правило, ориентированы на одну страну, и поэтому всякий

раз, когда в такие проекты включается компонент системы наблюдений, они будут ориентированы на национальную инфраструктуру для наблюдений. Однако действия, необходимые для создания функционирующего обмена данными, редко носят чисто национальный характер. Наоборот, они предполагают сотрудничество с системами и организациями, работающими за пределами страны, например с региональными узлами теле связи, глобальными центрами информационной системы и региональными центрами ИГСНВ, а иногда и инвестиции в эти системы и организации. Поэтому проекты в одной стране в целом не могут решать вопросы обмена данными.

Поскольку данные наблюдений, обмен которыми не осуществляется, оказывают незначительное влияние на прогнозирование, это приводит к отсутствию стимула для национальных метеорологических и гидрологических служб (НМГС) поддерживать и эксплуатировать сети наблюдений после завершения проектов и прекращения поддержки.

Слишком узкий подход препятствует реализации других типов проектов. Проекты «последней мили» (например системы заблаговременных предупреждений) в значительной степени зависят от использования данных глобальных моделей. В то время как исполнители проектов хорошо понимают важность этих данных, роль местных наблюдений в глобальных моделях обычно они понимают недостаточно хорошо.

Вставка 1. Различие между сетями наблюдений и обменом данными наблюдений

Проект развития сети гидрометеорологических наблюдений в Малави:

При поддержке Программы развития ООН (ПРООН) в Малави была создана полноценная сеть из 50 современных автоматических метеорологических станций (АМС). Установка была завершена в 2019 году, и по результатам итоговой оценки проект был признан успешным, т.е. все станции работали и проводили наблюдения. Однако начальный анализ пробелов в Глобальной опорной сети наблюдений (ГОСН), проведённый ВМО в 2020 году, показал, что лишь эпизодически только с одной станции в Малави поступают данные для международного обмена, а с сети АМС такие данные не поступают вообще. ВМО в сотрудничестве с ПРООН провела внутреннюю оценку ситуации, в результате которой был сделан вывод, что, «хотя оборудование на местах функционирует и посылает данные на национальные серверы, существует техническая проблема, которая по-прежнему препятствует подключению этих данных к региональным и глобальным серверам, размещённым в ВМО». После дальнейшего расследования ВМО, начавшегося в 2021 году, было установлено, что в центральном офисе НМГС нет данных наблюдений с сети АМС, что в связи с наращиванием национального потенциала и бюджетных ограничений международный обмен данными не осуществлялся, что сеть не может предоставлять данные в стандартном формате данных ВМО (BUFR) и что телекоммуникационные возможности не отвечают требованиям.

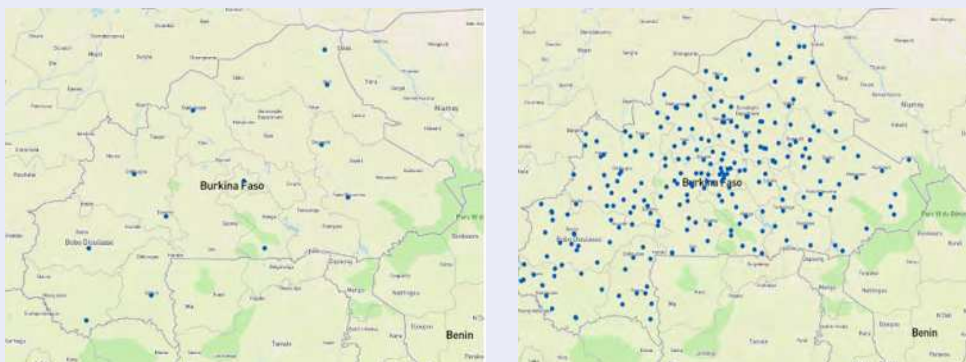
Проект КРСЗП в Западной Африке:

В 2020 году пять стран Западной Африки (Буркина-Фасо, Мали, Нигер, Того и Чад) провели оценку своей инфраструктуры для наблюдений и систем управления данными. Эти усилия, являющиеся частью многолетних региональных инвестиций в рамках инициативы «Климатические риски и система заблаговременных предупреждений» (КРСЗП)², были предприняты, чтобы расширить доступ стран к основным данным, необходимым для прогнозирования и информации о рисках с целью выпуска эффективных заблаговременных предупреждений.

Оценка показала, что в пяти странах имеется 341 станция наблюдений с датчиками давления, но только 60 (17%) зарегистрированы в базе данных о станциях «Инструмента анализа и обзора возможностей систем наблюдений на земной поверхности» (ОСКАР/Поверхность) ВМО. Это ограничивает международный обмен данными и, следовательно, качество имеющейся в странах прогностической продукции. Низкий уровень вклада в международный обмен обусловлен историческими факторами: многие станции были созданы в основном для предоставления данных с целью прогнозирования продовольственной нестабильности, и поэтому не связаны с другими региональными и глобальными системами. В качестве проблем также были названы потенциал и обеспечение ресурсами.

Пять стран приступили к решению этой проблемы. Меры включают разработку планов технического обслуживания инфраструктуры для наблюдений, обновление метаданных в базе данных ОСКАР и подключение станций к информационной системе ВМО (ИСВ); этот процесс теперь упрощается благодаря подключению через Интернет. В Буркина-Фасо были достигнуты существенные изменения. На рисунке ниже показано состояние до и после в отношении количества станций, зарегистрированных в базе данных ОСКАР/Поверхность в Буркина-Фасо в период с апреля по август 2021 года. Эти усилия расширяются, чтобы охватить все 24 страны Западной и Центральной Африки, опираясь на эффективную модель устойчивого сотрудничества Юг-Юг при финансовой поддержке со стороны КРСЗП.

Количество наземных станций (синие точки), зарегистрированных в базе данных «Инструмента анализа и обзора возможностей систем наблюдения» (ОСКАР) ВМО до и после проекта CREWS



- 2 КРСЗП — это механизм финансирования для укрепления работающих с учётом воздействий и ориентированных на потребности людей систем заблаговременных предупреждений в НРС и МОСРГ. Текущий портфель составляет 75 млн долларов США. Проекты осуществляются под руководством стран и региональных институтов при оперативной поддержке Всемирного банка, ВМО и Управления ООН по снижению риска бедствий. Австралия, Финляндия, Франция, Германия, Нидерланды, Люксембург, Швейцария и Великобритания вносят взносы в Целевой фонд.

Критически важная связь между наличием местных наблюдений и качеством выходных данных моделей на местах обычно не признаётся, как и важность наблюдений для верификации прогнозов. Кроме того, данные наблюдений, наиболее важные для прогноза погоды в небольших странах, часто поступают из-за границы. Проекты, ориентированные на последнюю милю в одной стране, обычно не согласованы с аналогичными проектами в соседних странах, а ввод в действие сети наблюдений в одной стране без какой-либо гарантии, что окружающие страны сделают то же самое, скорее всего, будет иметь ограниченную ценность. Безуспешность попыток, предпринимаемых в настоящее время для решения проблемы отсутствия международной координации деятельности в области систем наблюдений, крайне негативно сказалась на наличии радиозондовых наблюдений, особенно в Африке.

Отсутствие надлежащих показателей успеха

Хотя недостаток наблюдений в развивающихся странах признаётся и часто упоминается в обоснованиях проектов и проектной документации, проблема недостатка наблюдений часто ошибочно интерпретируется как проблема недостаточного количества станций наблюдения (вставка 1). Однако, поскольку обмен данными наблюдений является конечной целью, показатели успеха для проектов, касающихся систем наблюдений, должны быть определены в соответствии с этим, а не исходя из установки и эксплуатации станций на местах.

Отсутствие структурных преобразований

Автоматические метеостанции (АМС) рассматриваются донорами и организациями-исполнителями как современные, высокоэффективные и недорогие средства предоставления метеорологических данных приземных наблюдений, однако в развивающихся странах они часто не получают широкого распространения. НМГС в развивающихся странах продолжают полагаться на наблюдения вручную, которые проводятся людьми-наблюдателями и результаты которых передаются устаревшими способами связи даже после установки сетей АМС. Здесь имеются причины структурного характера, а также институциональные барьеры, которые нелегко преодолеть, используя подходы, ориентированные на краткосрочные проекты.

Отсутствие скоординированного и комплексного подхода к реализации

Постоянно возникающая проблема, с которой сталкиваются многие развивающиеся Члены, заключается в том, что несколько партнёров по развитию независимо друг от друга пытаются решить проблему отсутствующих наблюдений с помощью отдельных проектов в своей стране. По этой причине многие развивающиеся страны оказываются с разнородными сетями наблюдений, опирающимися на поддержку поставщиков из разных стран-доноров, предоставляющими данные в различных собственных форматах, требующими индивидуальных резервов запчастей и т. д. Такие системы трудно поддерживать даже для НМГС в развитых странах.

Ещё одна проблема координации связана с недостаточным признанием роли НМГС в международном обмене данными. НМГС выступают в качестве национального узла в международном обмене данными наблюдений в соответствии с правилами и практикой ВМО. Однако в некоторых случаях организации-исполнители признавали критически важную роль НМГС в обмене данными только после того, как все ресурсы проекта были израсходованы — закуплено и установлено оборудование, но данные не поступали. Для НМГС была предусмотрена недостаточная институциональная, техническая и финансовая поддержка. Это привело к отсутствию стимулов, и в результате обмен данными наблюдений не осуществлялся.

Отсутствие реалистичной модели финансирования подрывает устойчивость

В развивающихся странах, в частности в малых островных развивающихся государствах (МОСРГ) и наименее развитых странах (НРС), отсутствие наблюдений часто тесно связано с отсутствием возможности финансирования необходимых сетей наблюдений. На рисунке 2 показана горизонтальная плотность национальных сетей наблюдений (левая карта), а также доступные финансовые ресурсы, измеряемые посредством валового внутреннего продукта (ВВП) на км² площади (правая панель); большая площадь поверхности подразумевает более широкий спектр наблюдений. Поскольку МОСРГ часто имеют исключительные экономические зоны (ИЭЗ), которые во много раз превышают площадь их суши, расчёты для МОСРГ проводились с учётом как ИЭЗ, так и площади суши. Разница в «платёжеспособности» между богатыми и

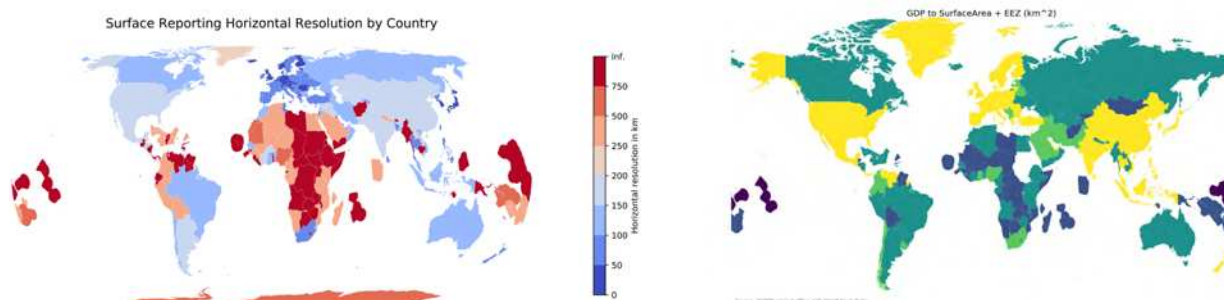


Рисунок 2. Способность платить в сопоставлении со способностью проводить наблюдения: левая панель — плотность наблюдений по странам (страны, обозначенные красным цветом, не соответствуют требованиям); правая панель — Национальный ВВП/км² площади; более тёмные цвета — синий и фиолетовый — показывают меньшее количество ресурсов на единицу площади (Источник: ВМО, 2021).

бедными странами поразительна: самые богатые страны зарабатывают более чем в миллион раз больше денег на 1 км², чем самые бедные страны. Нехватка местных ресурсов приводит к нехватке наблюдений, о чём свидетельствует сходство между левой и правой картами на рисунке 2.

В заключение следует отметить, что коммерческие подходы к получению доходов для покрытия расходов на определённые государственные услуги зачастую крайне сложно совместить с необходимостью свободного и неограниченного международного обмена данными наблюдений. Из-за роли наблюдений в начале цепочки создания стоимости и международных соглашений об обмене данными национальным правительствам трудно монетизировать данные наблюдений, и множество экономических анализов показали, что это сильно ограничило бы использование и, следовательно, влияние данных³. Тем не менее в своём стремлении получить доход, некоторые национальные правительства пытаются

ограничить свободу своих НМГС в обмене данными, включая наблюдения.

Новый механизм поддержки сетей наблюдений в развивающихся странах — Фонд финансирования систематических наблюдений (ФФСН)

Во многих частях мира, даже при более совершенном управлении и методах работы, маловероятно, что страны смогут самостоятельно поддерживать и эксплуатировать отвечающие требованиям сети наблюдений (см. вставку 2). Признавая это, мировое сообщество под руководством ВМО, ПРООН и ЮНЕП, а также партнёров по Альянсу для развития в области гидрометеорологии создаёт новый механизм финансирования — Фонд финансирования систематических наблюдений (ФФСН).

ФФСН — это специальный механизм, который будет предоставлять долгосрочные субсидии и техническую помощь преимущественно МОСРГ и НРС, чтобы обеспечить устойчивое соответствие требованиям Глобальной опорной сети наблюдений (ГОБСН — см. статью 11). ФФСН будет i) применять глобальный подход с постоянным осуществлением международного обмена данными в качестве индикатора успеха; ii) обеспечивать долгосрочное финансирование для достижения устойчивых результатов в области обмена данными; iii) повышать уровень технической компетенции посредством консультаций, применения оперативного опыта наиболее передовых национальных метеорологических служб по всему миру; iv) эффективно использовать знания и ресурсы партнёров.

ФФСН будет сконцентрирован исключительно на начальной части метеорологической цепочки создания стоимости (см. статью 2), работая при этом в партнёрстве с другими организациями по

3 См. примеры и ссылки о преимуществах политики открытых данных: i) Постоянный представитель Венгрии при ВМО, представивший на Конференции по данным доклад о том, как и почему его страна перешла к использованию политики открытых данных: https://meetings.wmo.int/WMO-Data-Conference/Documents/06_Konelia%20Radics_RK_WMODODataConference.pdf; ii) На семинаре по подготовке конференции ВМО по данным были перечислены преимущества политики открытых данных в рамках программы «Коперник» и предоставлена ссылка на лежащий в основе этой политики экономический анализ: <https://meetings.wmo.int/WMO-Data-Conference/PublishingImages/SitePages/Preparatory%20Workshops/Copernicus%20Data%20Policy%20Benefits%20for%20Environmental%20Services.pdf>; iii) Использование подходов, предусматривающих открытый доступ к данным, Группой по наблюдению за Землёй и исследовательским сообществом: https://meetings.wmo.int/WMO-Data-Conference/PublishingImages/SitePages/Preparatory%20Workshops/Robert%20Chen_Open%20Data%20Access%20Approaches%20in%20GEO%20and%20the%20Research%20Community.pdf.

развитию, которые сконцентрированы на других звеньях цепочки, чтобы помочь обеспечить в конечном итоге воплощение своих инвестиций в выгоды для конечных пользователей. Финансирование за счёт ФФСН будет включено в более крупные проекты по гидрометеорологии/климату. Это обеспечит дальнейшую поддержку стран в развитии потенциала для эффективного использования улучшенных прогнозов

и климатической продукции с целью создания преимуществ для адаптации и развития устойчивости.

ФФСН будет структурирован как «коалиционный фонд ООН». ВМО, Программа развития ООН (ПРООН) и Программа ООН по окружающей среде (ЮНЕП) станут соучредителями фонда, а управлять средствами ФФСН будет Управление

Вставка 2. Уникальные проблемы, связанные с обеспечением устойчивости сетей наблюдения в тихоокеанских МОСРГ — программа ЮНЕП/ЗКФ

В ноябре 2020 года Зелёный климатический фонд (ЗКФ) утвердил программу ЮНЕП для пяти тихоокеанских МОСРГ: Островов Кука, Ниуэ, Палау, Республики Маршалловы Острова (РМО) и Тувалу, общей стоимостью 49,9 млн долларов США. Инициатива поддерживает развитие комплексного обслуживания климатической и океанографической информацией, ориентированного на потребности людей гидрометеорологического обслуживания и систем заблаговременных предупреждений о многих опасных явлениях. Эти пять стран были выбраны в качестве стран для первоначальных ситуационных исследований с целью анализа пробелов в ГОСН в этих странах. Цели будут достигнуты с помощью четырёх взаимосвязанных компонентов: i) устойчивая модель рабочих процессов для предоставления климатического и гидрометеорологического обслуживания и обеспечения заблаговременных предупреждений; ii) усиление наблюдений, отвечающих требованиям ГОСН, и прогнозирование с учётом воздействий; iii) повышение готовности, возможностей реагирования и устойчивости сообществ к климатическим рискам, включая финансирование на основе прогнозов; iv) расширение регионального сотрудничества и управления знаниями для климатического обслуживания.

Совет ЗКФ и Независимая техническая консультативная группа по оценке программы сочли, что соответствие требованиям ГОСН является инновационным подходом, который усиливает предлагаемые преимущества программы, и отметили проблемы обеспечения устойчивости предлагаемых сетей в странах, выполняющих программу.

Будучи тихоокеанскими МОСРГ, эти страны сталкиваются с уникальными проблемами в обеспечении устойчивости своих сетей гидрометеорологических наблюдений. Нынешние ожидания, что каждая страна должна предоставить ресурсы для устойчивого функционирования и поддержания сети наблюдений на своей территории (включая океанские зоны), являются невыполнимыми для тихоокеанских МОСРГ с низким уровнем доходов, небольшой площадью суши и обширными океанскими зонами. Например, площадь суши Республики Маршалловы Острова (РМО) (181 км²) составляет всего 0,009% её ИЭЗ (2 131 000 км²). Небольшие размеры, удалённость и изолированность стран создают значительные трудности для транспортной логистики. Стоимость поездок, финансовых операций и общей деятельности в Тихоокеанском регионе сравнительно выше, чем в других частях мира. Связь с внешними островами также может быть дорогой и ненадёжной. Это в свою очередь приводит к увеличению затрат на каждом этапе инвестирования, эксплуатации, обслуживания и замены сети.

Кроме того, условия окружающей среды (т.е. высокие температуры, высокая влажность и солёные ветры) в жарких тропических районах, таких как южная часть Тихого океана, часто неблагоприятны для метеорологических датчиков и автоматического оборудования — недорогие метеостанции часто выходят из строя в течение 12 месяцев. Это требует установки более сложного и надёжного оборудования для обеспечения отлаженной работы в течение длительного времени при ограниченном техническом обслуживании, что более экономично в долгосрочной перспективе, но требует более значительных первоначальных затрат.

Нарушения и ущерб, вызванные всё более частыми или интенсивными экстремальными явлениями погодны, обусловленными изменением климата, ещё больше препятствуют устойчивой деятельности. Однако без систематических наблюдений *in situ* на широко разбросанных отдалённых островах невозможно подтвердить достоверность местных прогнозов, а тихоокеанские МОСРГ не могут своевременно принять меры по снижению экстремальных воздействий климата.

ООН по вопросам целевых фондов с участием нескольких партнёров.

У ФФСН есть чётко сформулированная теория изменений. Поддержка ФФСН будет предоставляться в три последовательных этапа, при этом результаты должны быть нацелены на достижение устойчивого соответствия требованиям ГОСН. Это в свою очередь будет способствовать достижению конечной цели — усилению адаптации к климату и повышению устойчивости посредством улучшения прогнозов погоды, систем заблаговременных предупреждений и климатического информационного обслуживания, имеющих критически важное значение для спасения жизней и содействия экономическому процветанию. Три этапа поддержки ФФСН включают:

- Этап обеспечения готовности — страны-бенефициары — МОСРГ, НРС и другие страны, имеющие право на получение официальной помощи в целях развития (ОПР) смогут получить доступ к аналитической и консультативной помощи, предоставляемой национальными метеорологическими службами в качестве экспертных советников, для определения пробелов в ГОСН и разработки национального плана вклада в ГОСН.
- Инвестиционный этап — МОСРГ и НРС получают инвестиционные субсидии и консультативную поддержку для создания сети станций и укрепления человеческого и институционального потенциала для обеспечения соответствия ГОСН.
- Этап обеспечения соответствия — МОСРГ и НРС получают субсидии, ориентированные на достижение конкретных результатов, для поддержки расходов на эксплуатацию и техническое обслуживание станций, отвечающих требованиям ГОСН в части обмена данными.

ФФСН будет осуществляться в течение трёх периодов, рассчитанных на 10 лет, с целью достижения устойчивого соответствия требованиям ГОСН всеми МОСРГ и НРС и предоставления технической помощи по ГОСН всем развивающимся странам. ФФСН будет юридически оформлен для функционирования под общим руководством Управления ООН по вопросам целевых фондов с участием нескольких партнёров к концу октября 2021 года. О создании ФФСН будет объявлено на 26-й сессии Конференции Сторон (КС26)

Рамочной конвенции ООН об изменении климата на мероприятии высокого уровня совместно с первоначальными инвесторами. Предполагается, что ФФСН начнёт функционировать к середине 2022 года.

Для достижения устойчивого соответствия требованиям ГОСН и, следовательно, устойчивого улучшения международного обмена данными наблюдений потребуются значительные инвестиции, укрепление потенциала и долгосрочные ресурсы для эксплуатации и технического обслуживания во многих странах. Чтобы устранить пробелы в ГОСН, количество наблюдений в МОСРГ и НРС должно быть увеличено для наземных станций в 28 раз по сравнению с текущим уровнем и для аэрологических станций в 12 раз. Для скорейшего достижения этой амбициозной цели требуются форсированные и целенаправленные международные усилия. ФФСН обеспечит удовлетворение этой насущной потребности.

Резюме

Все Члены ВМО глубоко заинтересованы в международном обмене данными, однако структурные, политические и финансовые ограничения в настоящее время не позволяют некоторым Членам из развивающихся стран полностью выполнить свои обязательства в рамках Конвенции ВМО. Новая Единая политика ВМО в отношении данных и связанные с ней инициативы, такие как требования ГОСН и ФФСН, дают возможность ВМО, партнёрам по вопросам развития и Членам Альянса для развития в области гидрометеорологии помочь развивающимся Членам в решении этих вопросов ко всеобщей выгоде. Это приведёт к резкому увеличению объёма данных наблюдений, которыми обмениваются на международном уровне, а значит, и к значительному улучшению полученной с помощью моделей продукции, используемой для мониторинга и прогнозирования. В новой политике также впервые чётко сформулирован принцип, согласно которому развивающимся Членам в обмен на их наблюдения должен быть предоставлен свободный и неограниченный доступ к продукции, полученной с помощью моделей на основе их наблюдений. Это поможет улучшить возможности для предоставления услуг всеми Членами ВМО во всех областях мониторинга и прогнозирования системы Земли.

World Meteorological Organization

7 bis, avenue de la Paix — Case postale 2300 — CH-1211 Geneva 2 — Switzerland

Тел.: +41 (0) 22 730 81 11 — Факс: +41 (0) 22 730 81 81

Э-почта: wmo@wmo.int — Веб-сайт: www.public.wmo.int

ISSN 0250-6076