
2. СИСТЕМА НАБЛЮДЕНИЙ ЗА КЛИМАТОМ В РОССИИ

Ведущие авторы: А. С. Зайцев, В. П. Мелешко

Авторы: Б. М. Ильин, Е. Л. Махоткина, Е. Д. Надежина, А. И. Решетников, Т. П. Светлова

Рецензент: О. Н. Булыгина

2.1. Климатическая информация международных программ

Климат Земли подвержен непрерывным изменениям в результате нелинейного взаимодействия процессов, протекающих в атмосфере, океане, криосфере, биосфере и на поверхности континентов, а также обусловленных внешними воздействиями. Чтобы понять причины этих изменений и создать средства для их предсказания в будущем, очень важно проводить непрерывные и скоординированные наблюдения за климатом.

Мониторинг климата требует интегрального подхода к организации наблюдений за атмосферой, океаном и поверхностью земли. Не существует единой технологии, которая позволяла бы получить всю необходимую информацию. Поэтому глобальная система наблюдений за климатом является комплексной и составлена из средств наблюдений, размещенных на континентах, морских судах, плавающих буйях, зондах, самолетах и спутниках.

В рамках существующих международных программ ведется большая работа по организации систем прямых и дистанционных наблюдений за климатом в атмосфере, океане и на поверхности земли, сбору этих данных и их архивации. Очень важно, что одновременно ставятся и, как правило, успешно решаются научными организациями разных стран задачи обеспечения свободного доступа к этим данным путем широкого использования современных средств связи.

Глобальная система наблюдений за климатом (ГСНК). Следуя рекомендациям Рамочной конвенции ООН по изменению климата, ВМО, МОК (ЮНЕСКО), ЮНЕП и МСНС создали программу “Глобальная система наблюдений за климатом”, перед которой поставлена задача организовать долго-

временную систему наблюдений за климатом, опираясь на уже существующие системы наблюдений за атмосферой, океаном и поверхностью суши. ГСНК по существу является программой климатических наблюдений, по которой ведут наблюдения метеорологические станции во всем мире, объединенные в Глобальную систему наблюдений ВМО. Работа метеорологических станций организуется национальными метеорологическими и гидрометеорологическими службами в странах-членах ВМО. В соответствии с принятыми принципами климатического мониторинга система наблюдений позволит создать базу данных о глобальных и региональных изменениях климата за длительный период времени с целью информирования правительств о происходящих изменениях климата.

В 2003 г. опубликован “Второй доклад о достоверности глобальных систем наблюдений за климатом в поддержку Рамочной конвенции ООН по изменению климата” (GCOS-82, 2003), подготовленный секретариатом ГСНК, в котором сформулированы научные требования к систематическим наблюдениям. Согласно этому докладу, климатические наблюдения необходимы для того, чтобы:

- определить текущее состояние климата и его изменчивость;
- выполнить мониторинг воздействий естественного и антропогенного происхождения на климат;
- обеспечить исследования по идентификации причин климатических изменений;
- содействовать предсказанию глобальных изменений климата;
- дать характеристику экстремальных явлений, оказывающих важное влияние на хозяйственную деятельность и приводящих к необходимости разработки адаптационных мер;
- оценить риски и уязвимость.

2. СИСТЕМА НАБЛЮДЕНИЙ ЗА КЛИМАТОМ В РОССИИ

Таблица 2.1. Основные параметры — индикаторы изменений климата

Среда	Вид наблюдений	Основные климатические характеристики
Атмосфера	Наземные наблюдения	Температура и влажность воздуха, осадки, атмосферное давление, радиационный баланс, скорость и направление ветра
	Наблюдения в верхних слоях атмосферы	Радиационный баланс атмосферы (включая входящую солнечную радиацию на верхней границе атмосферы), температура и влажность воздуха, скорость и направление ветра, облачность
	Наблюдения за составом атмосферы	Концентрация диоксида углерода, метана, озона и других долгоживущих парниковых газов, свойства аэрозолей
Океан	Наблюдения за поверхностью океана	Температура и соленость на поверхности, уровень моря, волнение, ледовитость, течения, концентрация CO ₂ , цветовой индекс (для оценки биопродуктивности)
	Глубоководные	Температура, соленость, течения, фитопланктон, концентрация азотных и углеродных соединений
Суша	Расход воды в реках, водопользование, грунтовые воды, снежный покров, уровень воды в озерах, гляциологические наблюдения, зона вечной мерзлоты, альbedo, земной покров, агрометеорологические наблюдения, индекс поглощенной фотосинтетически активной радиации, листовой индекс, пожароопасность и др.	

В табл. 2.1 приводятся основные параметры, которые рассматриваются как важные индикаторы изменений климата (GCOS-82, 2003).

Многие наблюдения в атмосфере, относящиеся к ГСНК, проводятся в рамках уже существующих и успешно функционирующих систем наблюдений. Стратегия реализации наблюдений за климатом опирается на пять типов сетей:

1) системы наблюдений, включая региональные и национальные, которые дают возможность получить достаточно полные сведения о состоянии окружающей среды и ее изменчивости;

2) опорные глобальные системы наблюдений, которые включают ограниченное число пунктов наблюдений, но которые имеют длинные ряды измерений высокого качества наиболее важных климатически значимых переменных;

3) реперные сети наблюдений, на которых проводятся высокоточные измерения большого числа переменных в нескольких пунктах для целей калибровки спутниковых приборов;

4) исследовательские сети, которые выполняют измерения локальной изменчивости ключевых параметров с целью изучения климатических процессов;

5) экосистемные сети, на которых проводятся измерения ограниченного числа переменных в нескольких пунктах для специальных целей.

В настоящее время представляется нереальным для целей ГСНК осуществлять мониторинг данных наблюдений со всех пяти типов сетей. Поэтому в качестве приоритетных рассматриваются сети типа 1, включая спутниковые наблюдения, опорные глобальные сети наземных наблюдений типа 2, отдельные реперные сети типа 3 и отдельные исследовательские сети типа 4, имеющие длинные ряды наблюдений.

В принципе, на территории России существуют все пять типов сетей, имеющих разную степень развития. В настоящее время наземная метеорологическая сеть ГСНК включает примерно 1000 станций, равномерно распределенных по земному шару (тип 2).

Глобальная служба атмосферы (ГСА). Основными целями ГСА являются:

— проведение систематических комплексных наблюдений за химическим составом и отдельными физическими характеристиками атмосферы в глобальном и региональном масштабах;

- представление данных для прогноза будущего состояния атмосферы;
- анализ и оценка состояния атмосферы для международных конвенций.

Около 80 стран-членов ВМО участвуют в программе ГСА. 10 стран организовали Центры данных и калибровки приборов. Около 300 станций ГСА проводят измерения, из них 22 глобальные, остальные работают по программе региональных станций ГСА.

Глобальные станции ГСА расположены в удаленных районах, не подверженных местному загрязнению атмосферы, характеризуют большие географические районы и проводят широкий спектр измерений в течение десятилетий. Приоритетными являются измерения вертикального распределения озона, общего содержания озона, парниковых газов, химического состава осадков, аэрозолей, химически активных газов (CO , SO_2 , NO_x), ультрафиолетовой радиации.

Региональные станции репрезентативны для небольших географических районов, не подверженных местному загрязнению атмосферы (автотранспорт, хозяйственная деятельность). Объем измерений на этих станциях ограничен. Данные в основном используются для оценки местных условий, таких как кислотные выпадения, перенос загрязняющих атмосферу газов и аэрозолей.

Всемирная программа исследования климата (ВПИК). Одна из важнейших целей ВПИК — изучить, насколько наблюдения за важными климатическими переменными могут способствовать увеличению предсказуемости климата на различных временных и пространственных масштабах. Для решения этой задачи требуются скоординированные усилия по сбору, четырехмерному усвоению данных наблюдений и воспроизведению внутренне согласованных состояний климатической системы, которые могут быть затем использованы для климатического прогноза, развития и оценки качества моделей. В документах ВПИК отмечается, что для получения и усвоения новых видов наблюдений, которые будут поступать со спутников нового поколения, потребуются специальные исследования. Особо подчеркивается, что исследования должны быть также направлены на выявление недостатков в существующей системе наблюдений, которые могут сужать пределы предсказуемости климатической системы.

Помимо мониторинга глобальных полей, большое внимание в проектах ВПИК уделяется получению специальных архивов данных за относительно короткие периоды, необходимых для формулирования и тестирования методов параметризации отдельных физических процессов и последующего использования этих параметризаций в моделях климата.

Под эгидой ВПИК были собраны и стали доступными для мирового научного сообщества уникальные архивы глобальных и региональных данных о радиационных потоках, облачности, содержании водяного пара, характеристиках гидрологического цикла и криосферы. Координация работ ВПИК способствовала созданию реанализов — динамически согласованных глобальных полей, характеризующих состояние атмосферы (архивы Национального центра программ по окружающей среде (NCER), Европейского центра среднесрочных прогнозов (ECMWF), Японского метеорологического агентства (JMA)) (см. раздел 5.7). В настоящее время российские научные организации не располагают технологиями, техническими и кадровыми ресурсами, которые позволили бы создавать аналогичные глобальные базы данных. Однако архивы реанализов NCER и ECMWF широко используются во многих диагностических исследованиях научными организациями Росгидромета, РАН и высшей школы РФ.

2.2. Наземная метеорологическая сеть

Государственная наблюдательная сеть РФ (наземная метеорологическая сеть Росгидромета), размещенная на территории 17 104 тыс. км², насчитывает 1627 пунктов метеорологических наблюдений, осуществляющих с 1966 г. метеорологические наблюдения в 8 синхронных сроках: 0, 3, 6, 9, 12, 15, 18 и 21 ч ВСВ. Указанная частота наблюдений позволяет с необходимой и достаточной точностью описать суточный ход основных метеорологических величин (температуры и влажности воздуха, характеристик ветра, атмосферного давления, температуры почвы, характеристик облачности). При этом в сроки, ближайšie к 8 и 20 ч поясного зимнего времени, выполняются измерения количества осадков. Наблюдения за интенсивностью и развитием атмосферных процессов и явлений проводятся непрерывно.

В реперную климатическую сеть (РКС) включены, как правило, длиннорядные, репрезентативные пункты с полной программой наблюдений, освещающие территорию, однородную в отношении метеорологического режима. Эти пункты наблюдений закрытию и переносу не подлежат. Любая реперная станция наблюдательной сети Росгидромета в принципе может считаться климатической станцией до тех пор, пока она осуществляет 8 сроков наблюдений. Из числа пунктов реперной сети выбраны станции региональной опорной климатической сети (РОКС) и международной глобальной системы наблюдений за климатом (ГСНК). Число разного типа станций дано в табл. 2.2.

2. СИСТЕМА НАБЛЮДЕНИЙ ЗА КЛИМАТОМ В РОССИИ

Таблица 2.2. Структура наземной метеорологической сети Росгидромета

№	Сеть метеорологических наблюдений	Число станций
1	Государственная наблюдательная сеть (ГНС)	1627
2	Реперная климатическая сеть (РКС)	454
3	Региональная опорная климатическая сеть (РОКС)	238
4	Глобальная сеть наблюдений за климатом (ГСНК)	135

Максимальные требования по продолжительности непрерывных наблюдений относятся к температуре и осадкам, для которых документально подтвержденные ряды наблюдений должны иметь продолжительность не менее 30 лет. Ряды наблюдений на станциях ГСНК по продолжительности наблюдений распределяются следующим образом:

100 лет и более	— 44 станции;
75 и более	— 79;
50 и более	— 130;
30 и более	— 135;
менее 30	— 0.

Наземная реперная климатическая сеть станций, включающая и сеть станций ГСНК, имеет относительно равномерное распределение на территории России (рис. 2.1). В течение XX века чис-

ло климатических станций непрерывно возрастало и только в самом его конце их количество незначительно сократилось. Таким образом, наиболее полные наблюдения за климатом России были получены во второй половине XX века.

2.3. Аэрологическая сеть наблюдений

В настоящее время в Росгидромете функционируют 98 станций температурно-ветрового зондирования. Все эти станции входят в состав региональной опорной синоптической сети (РОСС). Из этих 98 станций 46 входят в состав региональной опорной климатической сети. Порядок работы аэрологических станций регламентируется нацио-

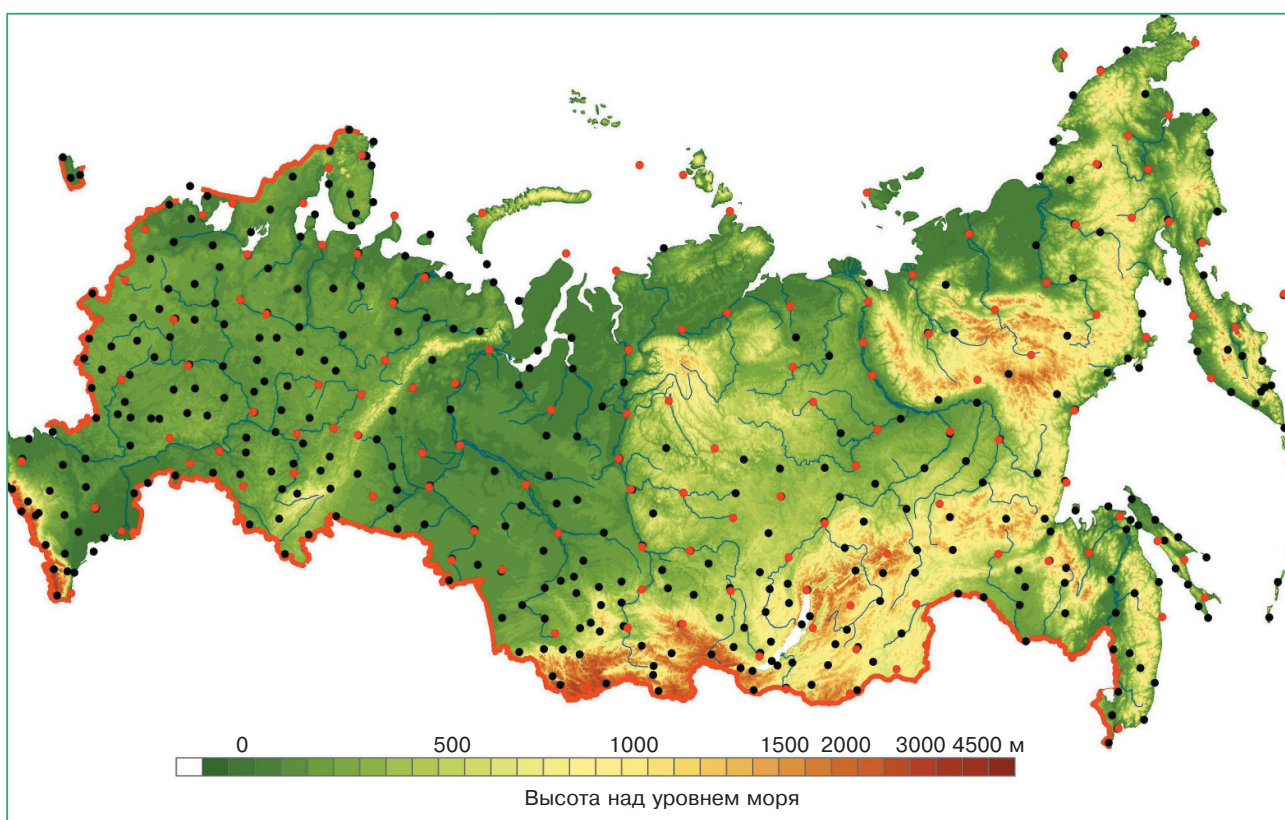


Рис. 2.1. Наземная метеорологическая реперная сеть России, включающая 454 пункта наблюдений (черные и красные кружки), из них 135 пунктов участвуют в международном обмене в рамках программы ГСНК (красные кружки).

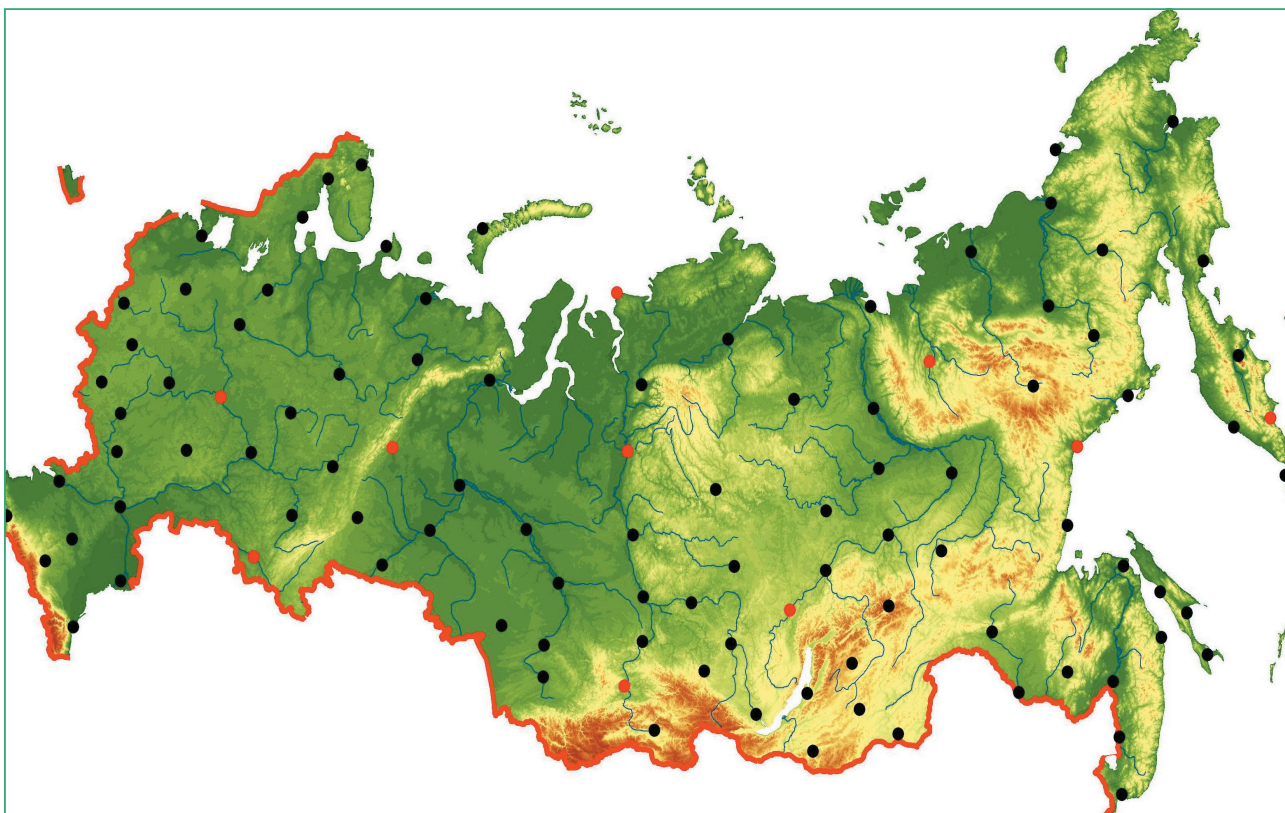


Рис. 2.2. Аэрологическая сеть Росгидромета включает 98 пунктов наблюдений (черные и красные кружки), из них 10 пунктов участвуют в международном обмене в рамках программы ГСНК (красные кружки).

нальными и международными документами. Температурно-ветровое зондирование на аэрологических станциях осуществляется с помощью отечественных радиозондов, измеряющих атмосферное давление, температуру и влажность воздуха. Скорость и направление ветра на высотах определяются с помощью радиолокаторов также отечественного производства. Следует отметить частую корректировку числа сроков наблюдений из-за нехватки радиозондов и оболочек шаров-зондов. Наземное оборудование для температурно-ветрового зондирования устарело и требует модернизации.

Глобальная аэрологическая сеть ГСНК насчитывает около 150 аэрологических станций, которые выбирались из полного списка глобальной сети с учетом требования равномерного глобального распределения, а также качества и полноты передаваемых данных. В этот перечень входят также 10 аэрологических станций на территории РФ и два пункта, расположенные в Антарктике, принадлежащие России. Данные международного мониторинга показывают, что климатическая сеть в свободной атмосфере не в полной мере отвечает требованиям ГСНК, особенно на севере и северо-востоке России, что не позволяет ее в полной мере

использовать в качестве индикатора климатических изменений в бассейне Северного Ледовитого и Тихого океана. На рис. 2.2 приведено распределение пунктов аэрологического зондирования, включая сеть ГСНК, на территории России.

2.4. Гидрологическая сеть наблюдений

Характеристики речного стока являются важным индикатором изменения и изменчивости климата, поскольку они отражают изменения в осадках и эвапотранспирации. Они также требуются для развития и оценки качества глобальных моделей, анализа трендов и социально-экономических исследований.

В начале 2005 г. стандартная гидрологическая сеть Росгидромета включала 3085 постов, из них 2732 на реках и 353 на озерах. Помимо стандартной, существует специализированная сеть, в состав которой входят болотные (8) и воднобалансовые станции (6), а также пункты наблюдений за испарением с водной поверхности (203 пункта) (НС-4, 2006). На рис. 2.3 показана реперная гидрологическая сеть, включающая 1237 речных, 70 озерных и

2. СИСТЕМА НАБЛЮДЕНИЙ ЗА КЛИМАТОМ В РОССИИ

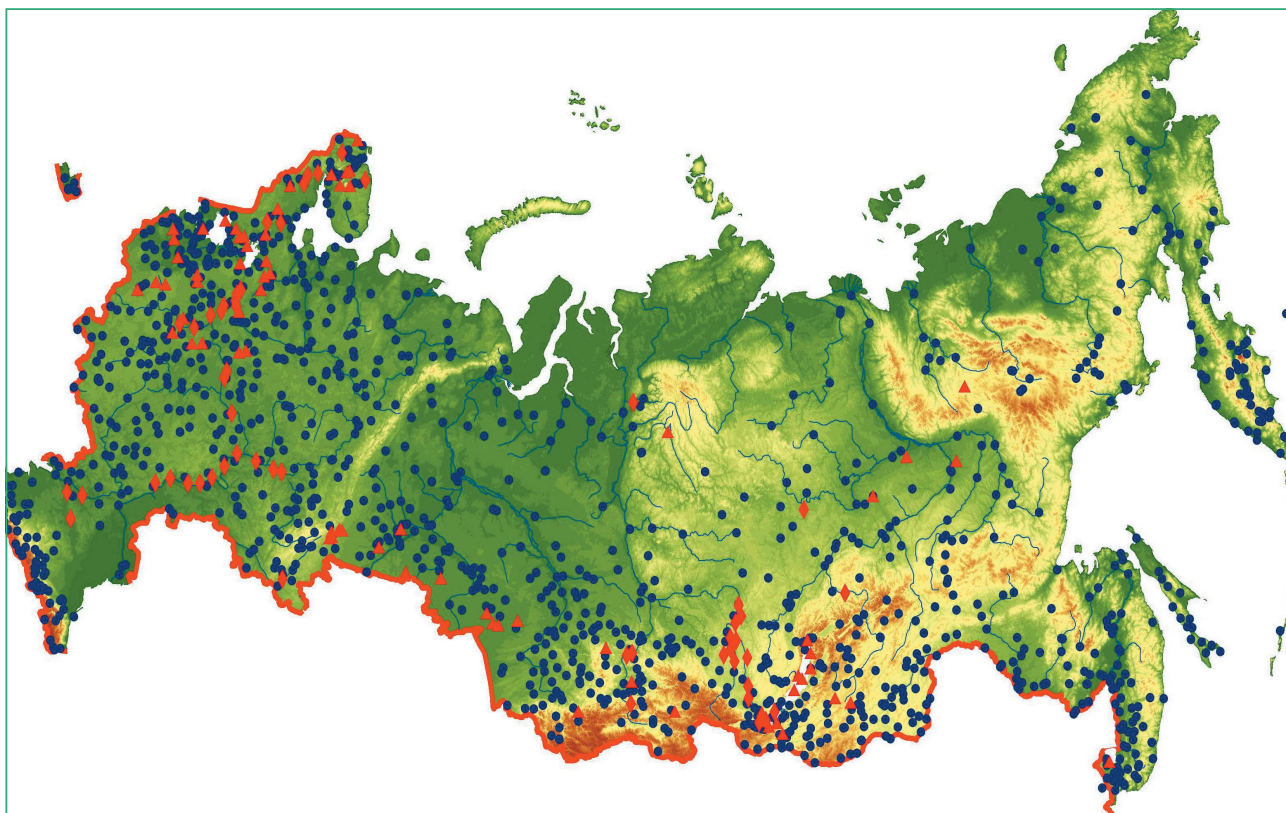


Рис. 2.3. Гидрологическая сеть реперных станций и постов России. Сеть наблюдений включает три типа станций и постов: речные (синие кружки), озерные (красные треугольники) и пункты наблюдений на водохранилищах (красные ромбы).

12 на водохранилищах станций и постов (ГОНС, 2003). Плотность современной гидрологической сети остается недостаточной и не соответствует рекомендованным нормативам ВМО.

Согласно предварительным оценкам для обеспечения решения научных задач в области оценки и прогнозирования водных ресурсов и гидрологического режима водных объектов в условиях изменения климата, а также для удовлетворения возрастающих запросов водохозяйственной практики требуется дальнейшее расширение гидрологической сети России.

2.5. Наблюдения за криолитозоной

Наблюдения за состоянием криолитозоны России проводятся с середины 1950-х годов. Пункты наблюдений организованы главным образом научными организациями РАН и в меньшем объеме организациями других ведомств. За последние годы геологические объекты мониторинга были практически ликвидированы. В настоящее время действуют 14 наблюдательных полигонов. Наибольший объем наблюдений получен на европей-

ском северо-востоке, севере Западной Сибири и в Центральной Якутии (Павлов, Малкова, 2005). Однако и в этих районах пункты наблюдений отстают один от другого на огромные расстояния. Относительно более изученной является вечная мерзлота в зоне тундры. Центральная Сибирь остается белым пятном в отношении изученности геокриологических условий. В 1990 г. в рамках международного проекта CALM было оборудовано около 20 дополнительных наблюдательных площадок. Они функционируют и в настоящее время, но ряды этих наблюдений являются слишком короткими для климатических выводов.

В верхнем слое почвы (до глубины 3,2 м) ведутся наблюдения на метеорологических станциях, т. е. на фиксированных уровнях измеряется температура грунта. Наблюдения на некоторых станциях велись с начала XX века, но их ряды весьма неоднородны и плохо сравнимы в силу множества погрешностей. Начиная с 1930-х годов, наблюдения становятся более надежными, но и в эти годы в зоне вечной мерзлоты объем полученных данных очень мал. Так, в зоне вечной мерзлоты оказалось возможным обобщить данные наблюдений за температурой почвы по 31 пункту наблюдений, а в

зоне сезонного промерзания были систематизированы данные наблюдений 211 метеостанций.

2.6. Наблюдения за парниковыми газами

Под эгидой ВМО выполняется программа Глобальной службы атмосферы, которая, помимо мутности атмосферы, химического состава атмосферы, содержания аэрозоля и других характеристик атмосферы, включает сеть наблюдений за содержанием долгоживущих парниковых газов: диоксида углерода, метана, закиси азота, озона. Наблюдения за этими газами также входят в Глобальную программу наблюдений за климатом.

Диоксид углерода является одним из наиболее важных парниковых газов, поступающих в атмосферу в результате хозяйственной деятельности. В настоящее время глобальный мониторинг CO_2 производится примерно на 100 наземных пунктах и на 22 станциях осуществляется непрерывный мониторинг этого газа в рамках программы ГСА. С точки зрения климатических требований, измерения должны гарантировать строгое соответствие протоколам калибрования и сравнения наблюдений.

Большое внимание в исследованиях уделяется более достоверной оценке источников и стоков парниковых газов и их влияния на концентрацию этих газов в атмосфере. С этой целью требуется более детальный мониторинг регионального и временного распределения концентрации парниковых газов, особенно на континентах (Яговкина и др., 2003).

Страны-участники Рамочной конвенции ООН по изменению климата периодически представляют в секретариат Конвенции сведения об эмиссии парниковых газов в атмосферу со своих территорий. Оценки основываются на результатах измерений, обобщенных сведениях о выбросах в атмосферу предприятий и на ориентировочных оценках скоростей обмена CO_2 и CH_4 между атмосферой и подстилающей поверхностью.

В настоящее время на двух станциях — Териберка (Кольский п-ов) и Новый Порт (п-ов Ямал) — выполняется мониторинг концентрации CO_2 и CH_4 (Парамонова и др., 2001).

Наблюдения за CO_2 на станции Териберка проводятся с 1988 г., а в 1996 г. начаты измерения CH_4 . С 2000 г. начаты измерения CO_2 и CH_4 на станции Новый Порт. Измерения парниковых газов также ведутся в других ведомствах, в частности, в ИФА РАН (3 пункта наблюдений), в основном на Европейской территории России, а также в Санкт-Петербургском (СПбГУ) и Московском государственных университетах (МГУ) (по одной станции наблюдений в каждом). Однако только данные сети парниковых газов Росгид-

ромета регулярно поступают в Мировые центры данных в Канаде (озон) и в Японии (парниковые газы). Ряд научных групп, производящих измерения радиационно-активных газов, публикуют свои результаты в научной печати (МГУ, СПбГУ, НПО “Тайфун” и др.).

Эпизодически проводятся экспедиции в отдельных регионах России, где измеряются характеристики газового состава атмосферы путем организации временных стационарных пунктов наблюдений и пунктов на подвижных платформах. Результаты таких экспедиций сводятся в базы данных (например, данные 6–8 рейсов железнодорожного измерительного комплекса “ТРОИКА” ИФА РАН, 4 наземных экспедиций ГГО в арктические районы Западной Сибири), но эти базы данных не сведены в общий каталог.

В ИГКЭ собираются и систематизируются сведения от предприятий энергетики и промышленных предприятий о выбросах в атмосферу в основном загрязняющих веществ (окиси углерода, соединений серы и т. п.), часть которых можно отнести к парниковым газам и радиационно-активным газам. В последние годы ИГКЭ начал собирать информацию и о выбросах парниковых газов по результатам инвентаризации источников, вклад которых в эмиссию парниковых газов наиболее значителен, в частности от ТЭК. Эти сведения включаются в годовые отчеты о состоянии загрязнения воздушного бассейна страны и уровнях эмиссии парниковых газов. Последние также используются для подготовки национальных сообщений о выполнении статей 4 и 12 РКИК каждые 4 года.

До настоящего времени в РФ отсутствует национальный центр по сбору, систематизации и хранению данных по радиационно-активным составляющим атмосферы, получаемых от учреждений разных ведомств.

2.7. Озонометрическая сеть наблюдений

Существенный вклад в парниковый эффект, сравнимый по порядку с вкладом метана, дает тропосферный озон, который составляет лишь 10% от общего содержания озона (ОСО) в столбе атмосферы. Остальное количество озона, содержащееся в основном в нижней стратосфере, поглощает основную часть коротковолнового ультрафиолетового излучения Солнца и вносит небольшой отрицательный вклад в парниковый эффект. ОСО определяет уровень биологически опасного ультрафиолетового излучения у земной поверхности.

Озонометрическая сеть Росгидромета состоит из 27 станций и является составной частью мировой озонной сети ГСА (рис. 2.4). Результаты измерений направляются в Мировой центр данных по

2. СИСТЕМА НАБЛЮДЕНИЙ ЗА КЛИМАТОМ В РОССИИ



Рис. 2.4. Сеть наблюдений за общим содержанием озона (фиолетовые кружки) и пункты наблюдения за парниковыми газами (красные звездочки) Росгидромета. Помимо действующих в настоящее время пунктов наблюдений за парниковыми газами Териберка и Новый Порт, также показаны пункты на о. Котельный, о. Беринга, действовавшие до 1994 г.

озону в Канаде. Единая шкала измерений ОСО поддерживается регулярными сравнениями национального эталона и эталона ВМО.

2.8. Актинометрическая сеть наблюдений

В настоящее время актинометрическая сеть России насчитывает 186 станций, обеспечивающих получение информации об основных составляющих радиационного баланса на подстилающей поверхности (рис. 2.5).

Программа работы пунктов наблюдений разделяется на полную и сокращенную. Полная программа предполагает выполнение измерений пяти основных составляющих радиационного баланса: прямой, рассеянной, суммарной, отраженной радиации и радиационного баланса (с выдачей либо средних за каждый час суток либо мгновенных значений с дискретностью 3 ч). Сокращенная программа предполагает выполнение измерений суточных сумм одного элемента суммарной радиации. В 2006 г. по полной программе работали 115 пунктов, а по сокращенной — 71 пункт наблюдений.

2.9. Океанографические наблюдения

Океанографические наблюдения в РФ осуществляются на сети береговых и островных морских гидрометеорологических станций и постов, а также на дрейфующих буях и по программам судовых наблюдений. РФ участвует в различных программах океанографических наблюдений по линии ВМО, МОК, ЮНЕСКО и др. Выполняется ряд обязательств по линии ГСНК, Глобальной системы наблюдений за океанами (GOOS), Глобальной системы наблюдений за уровнем моря (GLOSS) и др.

Температура поверхности моря. Наблюдения за температурой поверхности ведутся на сети береговых и островных морских гидрометеорологических станций и постов, число которых в России составляет 180, а также по программам попутных судовых наблюдений и судов добровольных наблюдений (около 280 ежегодно).

Уровень моря. Измерения уровня моря выполняются на сети морских береговых и островных гидрометеорологических станций и постов 4 раза в сутки в сроки 0, 6, 12 и 18 ч ВСВ с помощью уровнемерных реек (футштоков). На станциях,

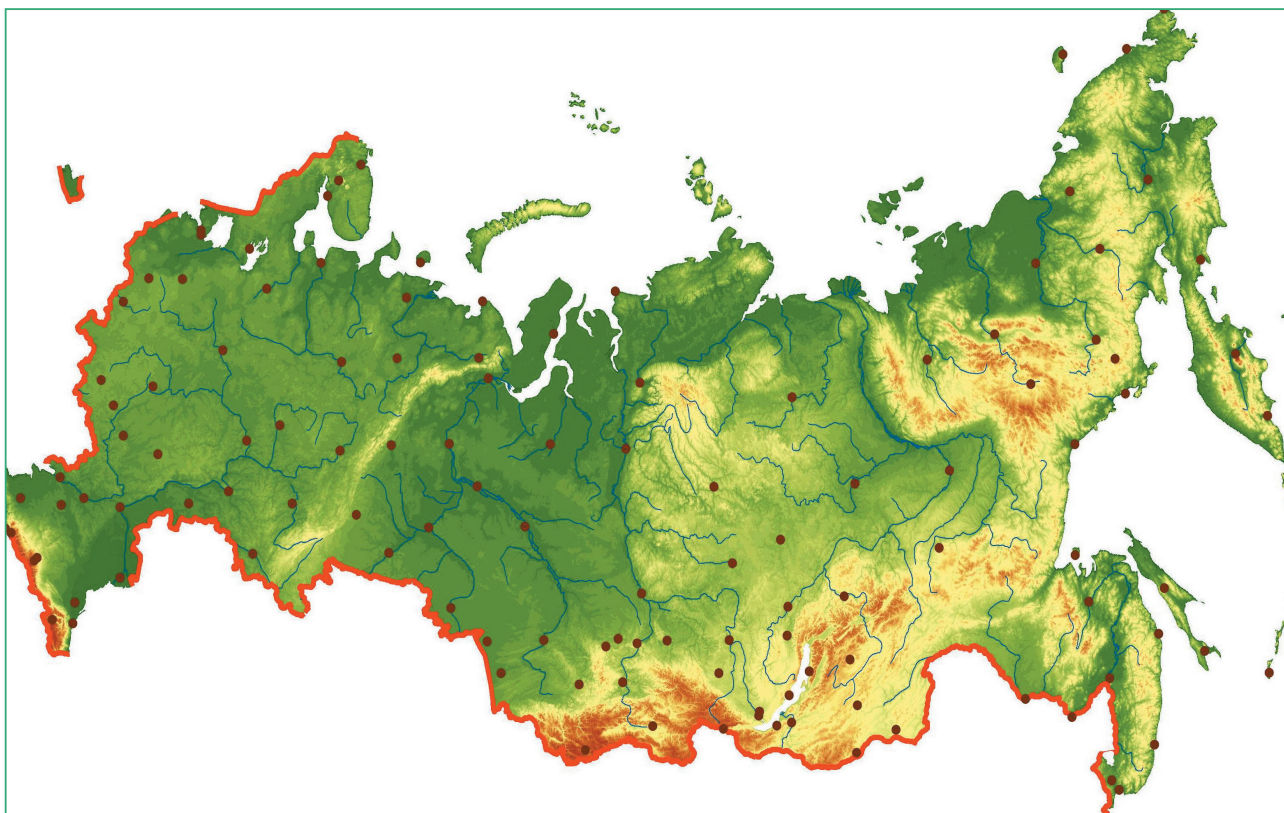


Рис. 2.5. Сеть актинометрических станций Росгидромета.

имеющих самописцы уровня, выполняется непрерывная запись изменения уровня воды в течение суток, на основании которой рассчитываются ежечасные значения уровня моря. Всего в настоящее время на территории РФ действует около 100 станций. Большинство действующих станций были открыты в 1930-х годах, что позволило накопить длительные ряды наблюдений.

В рамках программы GLOSS Россия имеет 14 станций, включая Мирный (Антарктида). В настоящее время в международные центры данных (Бидстон и Гонолулу) поступают сведения с 5 станций (Баренцбург, Мурманск, Нагаево, Туапсе и Петропавловск-Камчатский).

Морской лед. К современным видам ледовых наблюдений относятся: спутниковые наблюдения, авиационные наблюдения, наблюдения с поверхности. Визуальные авиационные ледовые наблюдения выполняются с самолетов и вертолетов разных типов с высот 100–600 м. К авиационным дистанционным средствам относятся аэрофото съемка, авиационное радиозондирование (радиолокационная съемка с помощью РЛС станций, работающих в одном или нескольких участках СВЧ диапазона). Важным источником информации об изменениях толщины льдов являются наблюдения на морских гидрометеорологических станциях Росгидромета, расположенных на побережье и ос-

тровах арктических морей (рис. 2.6), а также судовые наблюдения и наблюдения на полигонах и дрейфующих станциях.

Ежегодно в РФ Росгидрометом, МПР, РАН и др. проводится порядка 20 экспедиций НИС, которые осуществляют гидрометеорологические и океанографические (физические и гидрохимические) наблюдения. РФ участвует в Программе судовых добровольных наблюдений (СДН): ежегодно передаются данные примерно с 280 рейсов. Ежегодно в рамках Международной программы арктических дрейфующих буев изготавливается и выставляется на лед в Арктическом бассейне 4–5 дрейфующих буев.

2.10. Спутниковые наблюдения за климатом

Будущая глобальная система наблюдений за климатом невозможна без спутниковой составляющей. Однако, чтобы спутниковые данные могли внести заметный вклад в долгосрочную программу измерений, должно быть обеспечено устойчивое функционирование системы наблюдений со спутников, необходимая точность и однородность измерений. В Плане реализации Глобальной системы наблюдений за климатом (GCOS-92, 2004) указаны характеристики, измерения которых пред-

2. СИСТЕМА НАБЛЮДЕНИЙ ЗА КЛИМАТОМ В РОССИИ

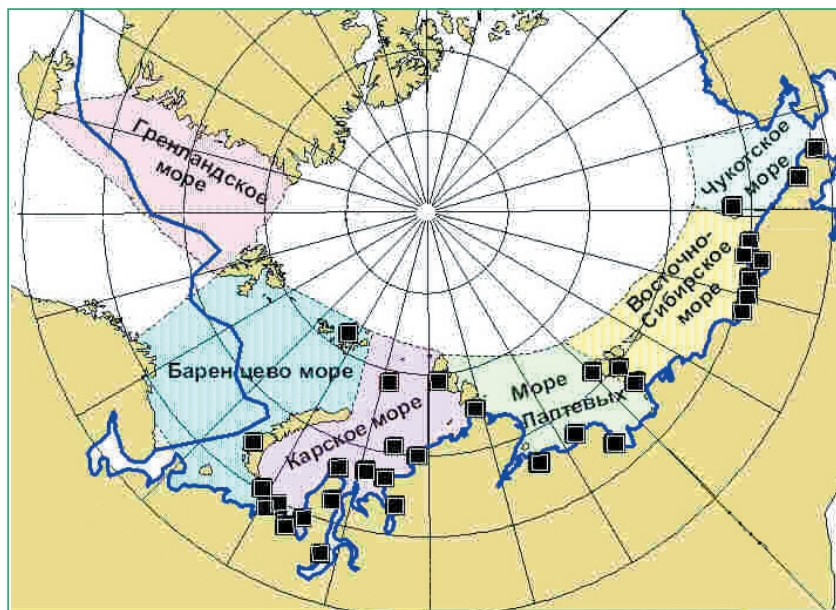


Рис. 2.6. Станции Росгидромета с морскими гидрометеорологическими наблюдениями (квадраты) в Арктике. Синяя линия показывает положение кромки льда в марте за период 1951–1980 гг.

ставляются исключительно важными и осуществимыми в настоящее время с помощью спутников. К ним относятся:

— *атмосферные характеристики*: осадки, радиационный баланс, включая приходящий поток солнечной радиации на верхней границе атмосферы, температура свободной атмосферы, включая микроволновое зондирование, направление и скорость ветра (особенно над океанами), водяной пар, свойства облаков, озон, свойства аэрозоля;

— *океанографические характеристики*: температура поверхности воды, уровень моря, морской лед, цвет воды (для оценки биологической активности);

— *характеристики поверхности суши*: снежный покров, ледники и ледяные шапки, альbedo, типы растительности, доля поглощенной фотосинтетически активной радиации, пожары.

Подробное описание современного состояния и перспективы совершенствования измерений указанных переменных с помощью спутников для мониторинга климатической системы даются в специальной публикации ГСНК (GCOS-107, 2006).

Многие указанные переменные могут быть доступны уже сейчас для широкого использования на регулярной основе при современных технологических возможностях. Однако требуется дальнейшее совершенствование алгоритмов нового анализа первичных радиационных измерений и их преобразования в климатические переменные. Более того, планы непрерывных измерений мно-

гих важных климатически значимых переменных потребуют еще какого-то времени для их воплощения в жизнь.

Для обеспечения мониторинга состояния климатической системы на территории России и сопредельных регионов чрезвычайно важно в дополнение к существующей наземной сети наблюдений Росгидромета и других ведомств РФ получать спутниковые измерения всех переменных, объявленных в Плане реализации ГСНК. При этом особое внимание заслуживают наблюдения за такими переменными, которые не могут быть в достаточной степени обеспечены регулярной сетью в Сибири, северных и полярных регионах России. В первую очередь, к ним относятся непрерывные наблюдения за протяженностью и концентрацией морского льда, снежного покрова, данные о пожарах, осадках, свойствах облаков и др.

Росгидромет выполняет функции оператора национальных космических систем дистанционного зондирования атмосферы, включая метеорологические космические системы (МКС), океанографические спутники серии “Океан-01” и спутники для изучения природных ресурсов серии “Ресурс-01”. Российская МКС включает среднеорбитальные космические аппараты на приполярной орбите серии “Метеор” и геостационарный аппарат “Электро” с точкой стояния 76° в. д. В соответствии с Федеральной космической программой России предусматривается развитие оперативных

спутниковых средств наблюдений за состоянием атмосферы, морей и океанов, поверхности суши, включая ледовый и снежный покров. Это позволит повысить достоверность прогнозов погоды разной заблаговременности и решать задачи в интересах исследования климата, а также контролировать озоновый слой Земли и радиационную обстановку в околоземном космическом пространстве и оценить антропогенные воздействия. Работы по созданию и развитию космических систем и дистанционного зондирования Земли возложены на Российское авиационно-космическое агентство (Росавиакосмос).

Космический аппарат “Метеор-3М” предназначен для получения данных:

- об облачности в видимом и инфракрасном диапазонах спектра;
- о температуре поверхности океанов и высоте верхней границы облачности;
- о местоположении и перемещении барических образований;
- о ледовой обстановке на акватории морей и океанов и протяженности снежного покрова на континентах;
- о результатах температурно-влажностного зондирования атмосферы, о зонах интенсивных осадков, интегральном влагозапасе облаков.

На борту также имеется американский экспериментальный прибор SAGE-III, предназначенный для определения вертикального распределения аэрозолей и малых газовых примесей в атмосфере.

Космический аппарат “Ресурс-01” включает приборы, позволяющие получать цифровые изображения подстилающей поверхности в нескольких спектральных диапазонах и предназначенные для решения широкого круга задач: мониторинга почвенного, растительного, снежного и ледового покровов, обнаружения и оценки последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера (наводнения, пожары, аварии на газо- и нефтепроводах и др.), изучения геологических структур и др.

Российско-украинская космическая система “Океан” функционировала в период 1983–1998 гг. и обеспечивала мониторинг поверхности Мирового океана, включая мониторинг ледяного покрова.

Наземный комплекс Росгидромета, находящийся в подчинении Научно-исследовательского центра космической гидрометеорологии “Планета”, осуществляет прием, обработку и распространение потребителям данных, получаемых со всех российских космических аппаратов типа “Метеор”, “Океан”, “Ресурс” и “Электро” и ряда зарубежных аппаратов типа “NOAA”, “Meteosat”, “GSM”.

2.11. Выводы

Существующие сети наблюдений России должны быть интегрированы с учетом национальных, региональных и глобальных приоритетов. Индекс плотности государственной метеорологической наблюдательной сети в России в среднем не превышает 10, т. е. один пункт наблюдений приходится на площадь 10 тыс. км² (в развитых странах Запада он равен 1–3), т. е. плотность метеорологической сети является недостаточной для изучения регионального климата и обеспечения задач экономического и социального развития страны в целом и отдельных экономических районов. Особое внимание следует уделить организации наблюдений в отдаленных и труднодоступных районах, в частности северных, особенно чувствительных к изменениям климата, и более широкому привлечению данных альтернативных систем наблюдений. В этой связи должны развиваться спутниковые системы зондирования атмосферы и подстилающей поверхности.

Вопросы оптимального размещения пунктов наблюдений имеют не только важное методическое, научное, но и экономическое значение в условиях ограниченного финансирования, с одной стороны, и увеличения экономической ценности гидрометеорологической информации в связи с учащением экстремальных погодных и климатических явлений, с другой стороны.

Кроме сети Росгидромета, на территории России функционируют отдельные пункты метеорологических наблюдений других ведомств (Минобороны, Министерства здравоохранения и социального обеспечения и ряда других). Ведомственные сети (по экспертной оценке составляют 30–40% числа пунктов наблюдений Росгидромета) функционируют независимо от метеорологической сети Росгидромета и поэтому не интегрируются в общенациональную сеть наблюдений за состоянием окружающей природной среды. Например, метеорологическая сеть Минобороны насчитывает до 600 станций, среди которых наибольший интерес представляют данные станций наблюдений, расположенных в труднодоступных районах Арктики, сеть наблюдений Росгидромета в которых представлена достаточно слабо.

В связи с присоединением РФ к Киотскому протоколу встает задача создания национальной системы мониторинга эмиссии и абсорбции парниковых газов, а также возрастает актуальность измерения фоновых концентраций парниковых газов в системе Росгидромета в рамках осуществления программы ГСА. Располагая самой большой в мире территорией, иметь лишь одну фоновую станцию, расположенную на крайнем северо-западе страны, явно недостаточно для непрерывного

2. СИСТЕМА НАБЛЮДЕНИЙ ЗА КЛИМАТОМ В РОССИИ

мониторинга концентраций парниковых газов в регионах с разными природными условиями и типами растительности в соответствии с требованиями ГСНК.

2.12. Литература

ГОНС, 2003. Список гидрометеорологических организаций наблюдательной сети Росгидромета, М., Федеральная служба России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, 247 с.

НС-4, 2006. Четвертое национальное сообщение Российской Федерации, М., Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды.

Павлов А. В., Малкова Г. В., 2005. Инвентаризация наблюдательных сетей мониторинга криолитозоны России, Криосфера Земли, т. IX, № 2, с. 67–77.

Парамонова Н. Н., Привалов В. И., Решетников А. И., 2001. Мониторинг углекислого газа и

метана в России, Известия РАН. Физика атмосферы и океана, т. 37, № 1, с. 38–43.

Яговкина С. В., Кароль И. Л., Зубов В. А., Лагун В. Е., Решетников А. И., Розанов Е. В., 2003. Оценка эмиссии метана в атмосферу с территории газовых месторождений севера Западной Сибири с использованием трехмерной региональной модели переноса, Метеорология и гидрология, № 4, с. 49–62.

GCOS-82, 2003. The Second Report on the Adequacy of the Global Observing Systems for Climate in Support of the UNFCCC, WMO/TD-No. 1143, 73 p.

GCOS-92, 2004. Implementation Plan for the Global Observing System for Climate in Support of the UNFCCC, WMO/TD-No. 1244, 23 p.

GCOS-107, 2006. Systematic Observation Requirements for Satellite-based Products for Climate — Supplemental Details to Satellite-based Component of the Implementation Plan for the Global Observing System for Climate in Support of the UNFCCC, WMO/TD-No. 1338, 89 p.