

ГЛАВА 5. НАБЛЮДЕНИЯ ЗА ГЕОФИЗИЧЕСКИМИ ПЕРЕМЕННЫМИ ИЗ КОСМОСА

5.1 ВВЕДЕНИЕ

В настоящей главе представлен обзор геофизических переменных, которые можно наблюдать из космоса, и характеристик, которые могут быть рассчитаны для вывода геофизических переменных. Характеристики рассчитываются на основе рассмотрения физического принципа, взятого для каждой методики измерения, и самой современной технологии прибора на момент написания настоящей главы и в обозримом будущем. Накладываются ограничения для обеспечения наиболее репрезентативной оценки в каждом конкретном случае. Количественные данные не обязательно представляют реальные показатели работы конкретного прибора, но предназначены для иллюстрации относительных показателей различных методов дистанционного зондирования.

5.1.1 Уровни обработки данных

Для целей настоящего Руководства делается акцент на геофизических переменных, которые можно получить путем обработки полученных данных от одного прибора или комплекта взаимодействующих приборов. Для получения продукции могут использоваться сложные алгоритмы, физические или статистические модели и поддерживающая информация из внешних источников, либо дополнительная (необходимая для обработки), либо вспомогательная (для облегчения обработки). Настоящая глава посвящена продукции, которая может быть получена с использованием ограниченного количества информации из внешних источников, когда такая внешняя информация играет незначительную роль по сравнению с данными, полученными со спутникового прибора, и когда используемая модель не вносит значительную систематическую погрешность. Например, моделирование физического явления, управляющего переменной, модели радиационного переноса и модели инверсионного извлечения информации относятся к вопросам, рассматриваемым в этой главе. За рамками настоящей главы остаются, например, вопросы усвоения информации, полученной от слияния данных нескольких измерений, и фоновых полей, которые объединяют физические процессы явления и динамические характеристики модели таким образом, что вклад спутника в выходную продукцию едва различим, и что в используемую модель может вноситься систематическая погрешность.

В этой главе будут рассматриваться вопросы продукции уровня 2 и некоторых видов продукции уровней 3 и 4, для выпуска которых существует хорошо отработанная и общепризнанная методология (см. уровни обработки, установленные в таблице 2.11, раздел 2.3.2.6, глава 2 настоящего тома).

5.1.2 Качество продукции

Для полученных со спутника изображений, используемых напрямую для их интерпретации человеком, можно рассмотреть несколько критериев качества; они включают в себя пространственную разрешающую способность, точность геолокации, сохранение точности после калибровки для всех последовательных изображений, стабильность цвета в представлении заданных свойств в пределах наблюдаемой области в случае композитного изображения с цветопередачей в формате КЗГ (красный-зеленый-голубой). Эти компоненты качества продукции в формате изображений в дальнейшем не рассматриваются в настоящей главе.

В данной главе мы пытаемся рассмотреть вопросы, относящиеся к качеству количественных видов продукции с числовыми данными, которые могут использоваться в автоматизированных процедурах и численных моделях. Эту оценку затем можно будет сравнить с требованиями, предъявляемыми к тем же видам продукции.

Качество продукции здесь определяется следующими параметрами:

- a) атмосферный объем (для вертикальных профилей);
- b) горизонтальная разрешающая способность (Δx);
- c) вертикальная разрешающая способность (Δz) (для вертикальных профилей);
- d) цикл наблюдений (Δt);
- e) точность (среднеквадратическая ошибка);
- f) своевременность (δ).

5.1.2.1 **Атмосферные объемы (относятся к наблюдениям в трехмерном (3D) измерении)**

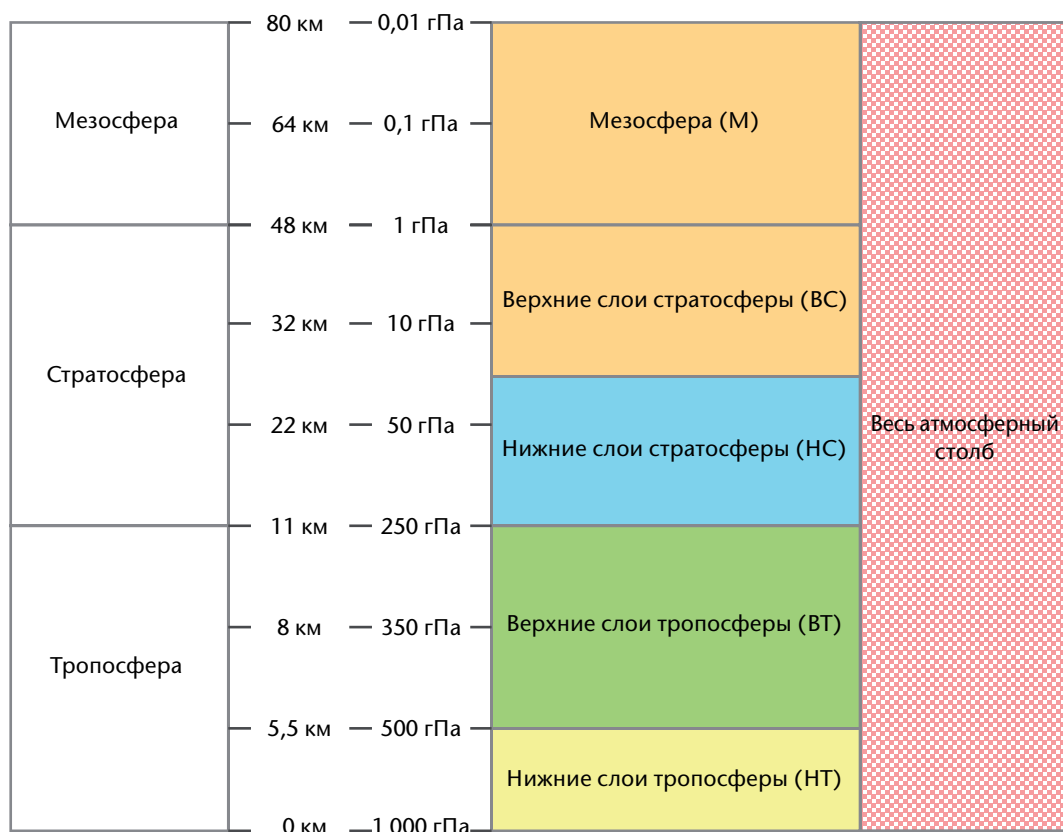
Требования пользователей могут различаться, в зависимости от наблюдаемого слоя атмосферы. На рисунке ниже представлены определения атмосферных объемов, используемых в базе данных ВМО по требованиям к наблюдениям.

В то время как требования пользователей могут меняться скачкообразно, по мере продвижения вдоль вертикали, качество спутниковой продукции меняется с высотой постепенно, в зависимости, главным образом, от вертикального градиента количества, с более точными характеристиками при достижении более высоких градиентов. Шаг изменения происходит тогда, когда невозможно достичь требуемого вертикального разрешения с помощью надирных сканирующих приборов, и становится необходимым использовать лимбовое сканирование. Ради упрощения мы рассмотрим различные характеристики продукции для тропосферы, стратосферы и всего атмосферного столба (в соответствующих случаях). Само собой разумеется, что качество будет постепенно снижаться с увеличением высоты в тропосфере, и то же самое будет происходить в стратосфере. Качество продукции приводится только для высоты свыше 1 км; ниже 1 км точность слишком изменчива и ее трудно оценить.

5.1.2.2 **Горизонтальная разрешающая способность**

Горизонтальная разрешающая способность (Δx) является сверткой обобщенных функций нескольких характеристик (разрешающая способность замера; степень независимости информации, относящейся к ближайшим замерам; аппаратная функция оптического прибора и др.). Для упрощения обычно принимается разрешающая способность замера, соответствующая значению, расположенному между двумя последовательно полученными значениями продукции, несущими в себе независимую информацию.

Горизонтальная разрешающая способность измеряемой геофизической переменной обусловлена характеристиками прибора (в первую очередь IFOV), разрешающей способностью замера или пикселем, и функцией передачи модуляции) и схемой обработки, которая может быть подобрана таким образом, чтобы учитывать эффект интерференции (такого как влияние облачности в IFOV). К примеру, если облачность не дает провести достоверное измерение, может быть, целесообразно обработать множество пикселей с целью экстраполяции менее искаженных измерений в ячейке размером Δx . Число пикселей, которые подлежат одновременной обработке, зависит от спектрального диапазона, используемого для проведения измерения (вплоть до единицы для всепогодных микроволновых радиоизлучений, к примеру), и от имеющейся спектральной



Атмосферные объемы в соответствии с определениями пользователей. Верхние слои стратосферы и мезосфера (ВС и М) объединены. Высоты и давление выражены в качественной форме и относятся к средним широтам/среднегодовое значение. Планетарный пограничный слой является частью нижних слоев тропосферы.

информации (когда имеется больше спектральных каналов, необходимо брать меньшее скопление пикселей). Экстремальным является случай, когда требуется большое количество пикселей (32 x 32, к примеру) для описания геофизической переменной (примером является возмущающее воздействие векторов циркуляции атмосферы от замещения пикселей высоко коррелированных облачных массивов на двух изображениях, полученных в разное время).

Для таких параметров, как «облачный покров» или «снежный покров», необходимо достичь достаточного числа замеров (пикселей) в ячейке размером $\Delta x \cdot \Delta x$ с целью получения нужной точности. Для приземных измерений медленно изменяющихся переменных (таких как снег) при наличии облачности может понадобиться применить динамический анализ, что предполагает исчезновение облачности из сектора обзора (это уже будет продукция уровня 3). Обычно в процессе производства продукции можно выбрать, с определенными ограничениями, оптимальное соотношение горизонтального разрешения и точности. Часто горизонтальная разрешающая способность продукции выше одного пикселя для того, чтобы улучшить ОСШ и удовлетворить требования к точности продукции.

Для надирных сканирующих приборов IFOV прибора или размер пикселя получаются больше подспутниковой точки в направлении к краям полосы захвата; характеристика горизонтального разрешения продукции должна быть поэтому усреднена по всей ширине полосы захвата прибора.

Для конических сканеров разрешающая способность в направлении луча сканирования остается неизменной, но разрешающая способность поперечного сканирования ухудшается на величину функции косинуса азимутального угла (IFOV имеет форму, близкую к эллипсу). Обязательно необходимо принимать во внимание среднее квадратическое отклонение для поперечного и продольного направлений сканирования,

и принимать в расчет вытянутость IFOV вдоль направления сканирования, обусловленную перемещением линии сканирования в течение времени интегрирования результатов измерения. Если используется одна антенна для нескольких частот, из-за дифракции разрешающая способность будет меняться в зависимости от частоты.

Для лимбового зондирования горизонтальная разрешающая способность определяется геометрией сектора обзора. Траектория сканирования в атмосфере может физически простирается на несколько тысяч километров, но эффективная траектория (которая учитывает более высокую атмосферную плотность вокруг высоты по касательной) составляет около 300 км в направлении сканирования. Поперек сектора обзора, несмотря на то, что IFOV может быть значительно более узким (десятки километров), разрешающая способность продукции определяется числом азимутальных обзоров (в большинстве случаев только один, в направлении вперед или назад). Ради упрощения мы принимаем 300 км в качестве обычной разрешающей способности по горизонтали для лимбовых измерений.

5.1.2.3 **Вертикальная разрешающая способность**

Вертикальная разрешающая способность (Δz) также определяется путем выбора разрешающей способности замера, соответствующей значению, расположенному между двумя последовательно полученными значениями продукции, несущими в себе независимую информацию.

Вертикальная разрешающая способность продукции зависит от принципа работы измерительного датчика, спектрального диапазона прибора и числа каналов или спектральной разрешающей способности. Весовая функция может быть более или менее расширенной по вертикали в зависимости от спектральной разрешающей способности и диапазона (хуже в МКВ) и лучше в оптическом диапазоне). Кроме того, спектральные каналы могут быть достаточно узкими для различения отдельных линий поглощения/эмиссии газа, или нескольких линий или полос линий. Если несколько линий входят в канал, весовая функция будет расширена, поскольку она будет усреднять поверхностную эмиссию между линиями (образуя максимумы в нижних слоях атмосферы) и атмосферную эмиссию в линиях (образуя максимумы на больших высотах). В целом, разрешающая способность $\lambda/\Delta\lambda \approx 100$ позволяет извлекать вертикальные профили температуры с вертикальным разрешением около 2 км; $\lambda/\Delta\lambda \approx 1\,000$ позволяет получить более высокую разрешающую способность около 1 км по вертикали для профиля температуры, наряду с получением данных о малых газовых составляющих атмосферы по всему атмосферному столбу в целом; $\lambda/\Delta\lambda \approx 10\,000$ требуется для построения профиля распределения малых газовых составляющих атмосферы. Плотность газа оказывает влияние на достижимую вертикальную разрешающую способность, поскольку с возрастанием высоты вертикальная разрешающая способность измерения ухудшается и становится неприемлемой в средних и высоких слоях стратосферы.

Следует отметить, что весовая функция смещается к большим высотам по мере того, как угол обзора прибора смещается от надира к краю полосы обзора. Это происходит из-за более протяженного сканирующего луча, проходящего сквозь атмосферу с увеличивающимся углом обзора. Коэффициент пропускания есть экспоненциальная функция (степенная зависимость) числа поглощающих молекул на пути испускаемого излучения; более острый угол обзора влечет за собой большую вероятность столкновения на пути с большим числом молекул в верхних слоях атмосферы и, таким образом, весовая функция движется вверх с высотой.

Вертикальная разрешающая способность зависит от чувствительности длины волны к температуре. Чувствительность инфракрасных (ИК) волн к температуре выше в СДИК (примерно 3–6 мкм), поэтому весовые функции более узкие в нижних слоях тропосферы и очень широкие в верхних слоях тропосферы и стратосфере. Короткие волны менее чувствительны к температуре, поэтому вертикальная разрешающая способность остается

относительно однородной с увеличением высоты. МКВ относительно более чувствительны к низким температурам, и вертикальная разрешающая способность относительно хорошая в стратосфере.

В стратосфере и выше вертикальная разрешающая способность, достигаемая при надирном сканировании неудовлетворительная. Лимбовое сканирование предлагает более высокую вертикальную разрешающую способность; она определяется механическим сканированием вдоль вертикали (угловой IFOV в сочетании со скоростью сканирования) и находится в диапазоне от 1 до 3 км (что недостижимо при надирном сканировании). Вертикальная разрешающая способность, достигаемая при лимбовом зондировании, ухудшается с высотой, поскольку отношение ОСШ ухудшается по мере уменьшения концентрации газа. Приборы для затменных наблюдений (включая радиозатменные) имеют вертикальную разрешающую способность, определяемую скоростью проведения замеров в течение фазы затмения. Во время обработки данных на земле алгоритм расчета выполняет вычисление интеграла для того, чтобы найти компромиссное решение в отношении точности продукции.

5.1.2.4 **Цикл наблюдений**

Цикл наблюдений (Δt) определяется как время, необходимое для достижения глобального охвата (для НОС) или полного охвата диска (для ГСО). Он тесно связан с потенциальными сканирующими возможностями прибора и особенностями орбиты. Связь между циклом наблюдений и механизмом сканирования подробно рассмотрена в главе 3, 3.1.1, настоящего тома. Однако цикл наблюдений прибора может не совпадать с циклом наблюдений для продукции, поскольку не все измерения, совершенные во время цикла наблюдений прибора, могут быть использованы для подготовки нужной продукции. Например, отображенная продукция для ясного неба может демонстрировать слишком много пробелов из-за измерений, подверженных воздействию облачности. Таким образом, эффективный цикл наблюдений для продукции является компромиссом между минимальным теоретически возможным циклом наблюдений, который может иметь много пробелов, и динамическим анализом, ухудшающим цикл наблюдений для продукции, но продуцирующим более правильное поле продукции (образованное процессом уровня 3). Компромиссное решение учитывает чувствительность спектрального диапазона к дестабилизирующему фактору и характерную временную изменчивость измеряемого геофизического параметра (которая может не позволять задержки, обусловленные динамическим анализом). В другом примере динамический анализ может быть необходим для улавливания достаточного сигнала, когда возникает проблема с достижением требуемой точности продукции.

Для большинства метеорологических переменных требуемый цикл наблюдений не допускает динамического анализа. Решение находится на системном уровне, за счет достижения определенного числа спутников, осуществляющих измерения геофизических переменных. Глобальный цикл наблюдений короче, чем 12 ч (для измерений в ИК и МКВ диапазонах) или 24 ч (для измерений с использованием КВ), требует большего числа спутников, расположенных на орбите на равном расстоянии друг от друга. Для 3-х часового цикла необходимо иметь четыре спутника при условии, что полоса захвата прибора такая обширная как максимальная разность углов обзора (например, изображения в ВИД/ИК частях спектра). Для приборов с ограниченной полосой захвата (таких как МКВ-радиометры на космических аппаратах Программы глобальных измерений осадков) 3-х часовой цикл требует использования восьми спутников.

Цикл наблюдений может быть сокращен за счет глобального охвата с использованием орбиты с малым углом наклона. Пределом является $\Delta t <$ одного орбитального периода для движения по квази-экваториальной орбите с востока на запад. Широты, расположенные за пределами полосы захвата прибора, не будут охвачены наблюдениями.

Для спутников на ГСО цикл наблюдений зависит от цикла обновления прибора. Это могут быть минуты, если измерения не подвержены воздействию облачности, в противном случае может потребоваться динамический анализ. Группировка из шести

спутников, расположенных на геостационарной орбите на равном удалении друг от друга, обеспечивает покрытие всех широт ниже 55° , возраста до 70° и выше на долготах, близких к местоположению шести спутников на ГСО.

Приборы только с надирным обзором (не сканирующие) обеспечивают нечастый глобальный охват. Приборы с лимбовым сканированием, включая радиозатменные, имеют тот же недостаток (см. 3.1.1, глава 3 настоящего тома). Для таких приборов трудно определить цикл наблюдений.

5.1.2.5 **Неопределенность (СКО)**

Точность определяется как «близость к соответствию между измеренным количественным значением и фактическим количественным значением измеряемой величины» (*Международный словарь метрологии — Базовые и общие концепции и соответствующие понятия (МСМТ)*, Объединенный комитет по руководствам в метрологии (ОКРМ) 200: 2012). Количественное выражение, соответствующее точности, является неопределенностью (см. том I, глава 1, 1.6.2). Это общий результат нескольких характеристик прибора: случайной ошибки, систематической погрешности, чувствительности, точности измерения и т. п. В настоящем томе (наблюдения из космоса) неопределенность в целом характеризуется диапазоном среднеквадратической ошибки (СКО), а именно разницы СКО (измеренное — фактическое значения) измерения. Неопределенность полученного со спутника результата измерения геофизической переменной обусловлена физическим принципом, связывающим спутниковое измерение с наблюдаемой переменной, и особенно чувствительностью измерения к изменчивости этой переменной.

Таким образом, радиометрическая разрешающая способность является основным фактором неопределенности продукции. Она может характеризоваться перепадом температуры шумовой эквивалентной схемы или отношением сигнал-шум либо спектральной энергетической яркостью шумовой эквивалентной схемы с учетом определения, приведенного в главе 3, 3.1.4, настоящего тома. Однако неопределенность продукции также подвержена сильному воздействию со стороны алгоритма вычисления и компромисса в отношении других характеристик качества (Δx , Δz и Δt). Более того, характер исследуемой цели (интенсивность излученного или рассеянного сигнала), чувствительность метода зондирования к геофизической переменной и эффективность отфильтровывания дестабилизирующих факторов (таких как облака) имеют ярко выраженное воздействие на итоговую неопределенность продукции.

Для нового прибора необходимо проводить исследования чувствительности на основе сложного численного моделирования для получения оценки неопределенности.

В этой настоящей томе неопределенность продукции оценивается на основе имеющихся данных о прошлых и современных приборах, а также численного моделирования запланированных к использованию приборов. Проверка точности продукции, полученной с помощью спутников (рассматривается в главе 6 настоящего тома), является составной частью оценки неопределенности для прошлых и современных приборов; для будущих приборов проводятся теоретические расчеты.

5.1.2.6 **Своевременность**

Своевременность (δ) определяется как время, прошедшее от момента осуществления измерения до получения продукции, при условии штатного режима деятельности. Своевременность зависит от средств спутниковой связи, наличия станций усвоения данных, времени обработки данных, необходимого для подготовки продукции, и общей системы управления данными.

В настоящем Руководстве не проводится оценка своевременности различной продукции, потому что это системная характеристика, которая не определяется только конкретным прибором.

5.1.3 Оценка качества спутниковой продукции

В настоящей главе представлен обзор спутниковой продукции, которая потенциально может быть извлечена в результате применения имеющихся или планируемых к использованию приборов для измерения геофизических переменных в следующих восьми тематических разделах:

- a) основные атмосферные (3D и 2D измерения)
- b) облака и атмосферные осадки
- c) аэрозоли и радиация
- d) океан и морской лед
- e) поверхность суши (включая снег)
- f) твердая оболочка Земли
- g) химический состав атмосферы
- h) космическая погода

Этот перечень продукции, полученной в результате наблюдений, ограничен «первичными» геофизическими переменными, и не включает в себя продукцию, которая может быть извлечена из другой продукции.

Для каждого вида спутниковой продукции указываются применяемые методы дистанционного зондирования наряду с условиями наблюдений или ограничениями. В приложении к настоящей главе приводится оценка достижимого качества продукции в отношении среднеквадратической ошибки¹ (СКО), Δx , Δz и Δt , основанная на характеристиках самых современных приборов, разрабатываемых на момент написания данного Руководства, и которые, как ожидается, начнут оперативно использоваться к 2020 г.

5.2 ОСНОВНЫЕ АТМОСФЕРНЫЕ ПЕРЕМЕННЫЕ, НАБЛЮДАЕМЫЕ В ДВУХ- И ТРЕХМЕРНОМ ИЗМЕРЕНИЯХ (2D И 3D)

В таблице 5.1 перечислены основные атмосферные переменные для использования при подготовке прогноза погоды, включая ЧПП, которые могут наблюдаться из космоса.

Другие основные переменные, такие как атмосферное давление, температура и влажность на поверхности; а также вертикальный компонент ветра не включены в таблицу, потому что они не могут быть надежно измерены из космоса с помощью современных технологий.

¹ Необходимо отметить, что среднеквадратическая ошибка (СКО), используемая в этом томе Руководства, соответствует приблизительно расширенной неопределенности с коэффициентом покрытия $k = 1$, в то время как в остальных разделах настоящего Руководства обычно применяется коэффициент покрытия $k = 2$ (см. том I, глава 1, 1.6.3.3 и Оценка данных измерений — Руководство для представления погрешности измерений (ОКРМ 100:2008)).

Таблица 5.1. Геофизические переменные, рассматриваемые в тематическом разделе «Основные атмосферные (3D и 2D) переменные»

Температура атмосферного воздуха	Ветер (горизонтальный)	Высота верхней границы планетарного пограничного слоя	Высота тропопаузы
Удельная влажность воздуха	Ветер как вектор над поверхностью (горизонтальный)	Температура тропопаузы	

5.2.1 Температура атмосферного воздуха

Определение: трехмерное поле температуры воздуха в атмосфере — требуется измерение от поверхности до верхней границы атмосферы (ВГА) (слои атмосферы: НТ, ВТ, НС, ВС и М) — физическая единица измерения: кельвин (К) — единица неопределенности: К.

Метод 1: ИК-спектрометрия — принцип: измерение ИК-излучения от различных слоев атмосферы, определяемого с помощью использования спектральных интервалов различной внутрислоевой интенсивности поглощения CO_2 (~4,3 мкм и ~15 мкм). Применяется как на НОС, так и на ГСО.

Метод 2: МКВ/субмиллиметровая радиометрия — принцип: измерение МКВ и субмиллиметрового излучения волн от различных слоев атмосферы, определяемого с помощью использования спектральных интервалов различной внутрислоевой интенсивности поглощения O_2 (~54, 118 и потенциально 425 ГГц). Применяется как на НОО, так и потенциально на ГСО.

Метод 3: ГНСС (состоящая из ГСОН и Российской навигационной спутниковой системы ГЛОНАСС — принцип: измерение рефракции в атмосфере сигналов частот L-диапазона от Глобальной навигационной спутниковой системы, принимаемых спутниками на НОО во время фазы затмения. Применяется только на НОС.

Метод 4: лимбовое зондирование — принцип: измерение излучения линиями поглощения (в ИК- и МКВ-диапазонах) или увеличения линий (в КВ) согласно наблюдениям с помощью спектрометров с высокой разрешающей способностью, предназначенных для изучения химического состава атмосферы при наблюдении края диска Земли. Применяется только на НОС.

5.2.2 Удельная влажность воздуха

Определение: трехмерное поле удельной влажности воздуха в атмосфере — требуется измерение от поверхности до ВГА (слои атмосферы: НТ, ВТ, НС, ВС и М) + весь атмосферный столб — физическая единица измерения: г/кг для слоев, кг/м² для всего столба — единица неопределенности: % для слоев, кг/м² для всего столба.

Метод 1: ИК спектроскопия — принцип: измерение ИК-излучения от различных слоев атмосферы, определяемого с помощью использования спектральных интервалов различной внутрислоевой интенсивности поглощения H_2O (~6 мкм и потенциально ~18 мкм) с поддержкой измерений CO_2 . Применяется как на НОС, так и на ГСО.

Метод 2: МКВ/субмиллиметровая радиометрия — принцип: измерение МКВ и субмиллиметрового излучения волн от различных слоев атмосферы, определяемого с помощью использования спектральных интервалов различной внутрислоевой интенсивности поглощения H_2O (183 и потенциально 324, 380 ГГц и другие на более высоких частотах) с необходимой поддержкой O_2 (~54, 118 и потенциально 425 ГГц). Применяется на НОС и потенциально на ГСО.

Метод 3: радиозатменные измерения с помощью ГНСС — принцип: измерение рефракции в атмосфере сигналов частот L-диапазона от ГНСС, принимаемых спутниками на НОО во время фазы затмения. Применяется только на НОС.

Метод 4: ЛДП — принцип: измерение рассеянного обратного излучения в БИК диапазоне поглощения водяного пара (к примеру ~935 нм) и боковом окне с помощью ЛДП. Применяется только на НОС.

Метод 5: лимбовое зондирование — принцип: излучение (в ИК или МКВ/субмиллиметровом диапазонах), поглощение (КВ-диапазон при солнечном или звездном затмении) или рассеяние (в КВ-диапазоне) линиями поглощения, наблюдаемое с помощью спектрометров с высокой разрешающей способностью, предназначенных для изучения химического состава атмосферы при наблюдении края диска Земли. Применяется только на НОС.

Метод 6: ИК разделенное окно — принцип: получение побочного продукта извлечения температур на поверхности из ИК-изображений (разделенные окна, такие как 11 и 12 мкм). Применяется только для всего атмосферного столба. Применяется как на НОС, так и на ГСО.

Метод 7: формирование МКВ-изображений (23 ГГц) — принцип: измерение МКВ-излучения в диапазоне слабого излучения H_2O (~23 ГГц), связанном с близлежащим окном (19 или 37 ГГц). Метод пригодный только для всего атмосферного столба над морем. Применяется как на НОС, так и потенциально на ГСО.

Метод 8: формирование БИК-изображений (935 нм) — принцип: измерение дифференциальной отражательной способности между БИК полосой поглощения водяного пара (к примеру ~935 нм) и боковым окном узкополосными радиометрами. Пригодный только для всего атмосферного столба. Применяется как на НОС, так и на ГСО.

5.2.3 Ветер (горизонтальный)

Определение: трехмерное поле горизонтального векторного компонента (2D) вектора ветра в 3D — требуется измерение от поверхности до ВГА (слои атмосферы: НТ, ВТ, НС, ВС и М) — физическая единица измерения: м/с — единица неопределенности: м/с, заданная как векторная ошибка, то есть модуль векторной разницы между наблюдаемым вектором и фактическим вектором.

Метод 1: доплеровский лидар — принцип: измерение перемещения атмосферных вихрей, «подписанных» аэрозолем или молекулярным рассеянием, отслеженным с помощью доплеровского лидара. Применяется только на НОС.

Метод 2: ВИД/ИК последовательности изображений — принцип: измерение перемещения атмосферных ячеек определенного размера, «подписанных» облаками и пятнами водяного пара (и возможно озоновыми пятнами), распознаваемых и отслеживаемых на последовательно полученных изображениях в ВИД/ИК-диапазонах. Применяется как на НОС, так и на ГСО.

Метод 3: ИК зонд-тепловизор — принцип: измерение перемещений пятен водяного пара, отслеживаемых при частом зондировании спектрометрами с формированием ИК-изображений, работающими в спектре поглощения H_2O (~6 мкм) с поддержкой CO_2 (~4,3 и 15 мкм). Применяется как на НОС, так и на ГСО.

Метод 4: лимбовое зондирование — принцип: измерение доплеровского смещения и увеличения спектральных линий поглощения O_2 , O_3 , OH^- , наблюдаемых с помощью ВИД спектрометров с высокой разрешающей способностью при наблюдении края диска Земли. Применяется только на НОС.

5.2.4 Ветер как вектор над поверхностью (горизонтальный)

Определение: горизонтальный векторный компонент (2D) трехмерного вектора ветра, обычно измеряемый на высоте 10 м — требуется измерение над поверхностью моря или суши (все указанные ниже методы применяются над морем). Физическая единица измерения: м/с — единица неопределенности: м/с, заданная как векторная ошибка, а именно модуль векторной разницы между наблюдаемым вектором и фактическим вектором.

Метод 1: радиолокационная скаттерометрия — принцип: измерение радиации обратного рассеяния от капиллярных волн среднечастотным радиолокатором (около 5 или 11 ГГц). Используются более широкие углы обзора для определения направления. Применяется только над морем. Применяется только на НОС.

Метод 2: поляризметрическая МКВ радиометрия — принцип: измерение излученной и рассеянной МКВ-радиации в атмосферных окнах на нескольких частотах (например 10, 19, 37 ГГц). Три параметра Стокса должны измеряться (например, минимум четыре поляризации), по возможности четыре повышения (требующих шесть поляризаций). Применяется только над морем. Применяется только на НОС.

Метод 3: формирование МКВ-изображений — принцип: измерение излученной и рассеянной МКВ-радиации в атмосферных окнах на нескольких частотах (таких как 10, 19, 37 ГГц). Необходимо, по крайней мере, две поляризации. Применяется только над морем. Применяется только на НОС.

Метод 4: радиолокационная альтиметрия — принцип: измерение обратной рассеянной радиации от поверхности моря с помощью среднечастотного радиолокатора (~13 ГГц). Скорость ветра связана с отраженными волнами, рассеянными от капиллярных волн. Применяется только над морем. Измеряется только скорость. Применяется только на НОС.

5.2.5 Высота верхней границы планетарного пограничного слоя

Определение: высота поверхности, разделяющей планетарный пограничный слой от свободной атмосферы — физическая единица измерения: км — единица неопределенности: км.

Метод 1: лидар обратного рассеяния — принцип: измерение радиации обратного рассеяния в УФ или ВИД-или БИК-диапазонах спектра с помощью лидара. Применяется только на НОС.

Метод 2: от ИК зондирования — принцип: производная от ИК зондирования температуры и влажности. Применяется как на НОС, так и на ГСО.

Метод 3: от зондирования ГНСС — принцип: производная от ГНСС радиозатменного зондирования температуры и влажности. Применяется только на НОС.

5.2.6 Высота тропопаузы

Определение: высота поверхности, разделяющей тропосферу от стратосферы — физическая единица измерения: км — единица неопределенности: км.

Метод 1: лидар обратного рассеяния — принцип: измерение радиации обратного рассеяния в ультрафиолетовом (УФ) или ВИД- или БИК-диапазонах с помощью лидара. Предпочтительно измерения проводить на двух длинах волн. Применяется только на НОС.

Метод 2: от ИК зондирования — принцип: производная от ИК зондирования температуры и влажности. Применяется как на НОС, так и на ГСО.

Метод 3: от зондирования ГНСС — принцип: производная от ГНСС радиозатменного зондирования температуры. Применяется только на НОС.

5.2.7 Температура тропопаузы

Определение: температура воздуха в атмосфере на высоте поверхности, разделяющей тропосферу от стратосферы — физическая единица измерения: К — единица неопределенности: К.

Метод 1: от ИК зондирования — принцип: производная от ИК зондирования температуры. Применяется как на НОС, так и на ГСО.

Метод 2: от зондирования ГНСС — принцип: производная от ГНСС радиозатменного зондирования температуры. Применяется только на НОС.

Метод 3: от лимбового зондирования — принцип: производная от лимбового зондирования температуры. Применяется только на НОС.

5.3 ПЕРЕМЕННЫЕ ОБЛАКОВ И АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ

Этот тематический раздел включает в себя переменные, наблюдаемые из космоса для целей текущего анализа метеорологических условий, краткосрочного предсказания погоды и прогнозирования текущей погоды, а также для целей гидрологии. В таблице 5.2 перечислены эти переменные.

Таблица 5.2. Геофизические переменные, рассматриваемые в тематическом разделе «Переменные облаков и атмосферных осадков»

Температура вершины облака	Высота нижней границы облака	Лед в облаке	Атмосферные осадки (в жидкой или твердой фазе)
Высота вершины облака	Оптическая глубина облака	Эффективный радиус льда в облаке	Интенсивность осадков на поверхности (в жидкой или твердой фазе)
Вид облака	Вода в жидкой фазе в облаке	Высота нулевой изотермы в облаке	Суммарные осадки (за 24 часа)
Облачный покров	Эффективный радиус капель воды в облаке	Толщина слоя таяния льда в облачности	Обнаружение молний

5.3.1 Температура вершины облака

Определение: температура верхней поверхности облака — физическая единица измерения: К — единица неопределенности: К.

Метод 1: ИК радиометрия — принцип: производная от формирования ИК-изображения на ряде каналов, включая «окна» и другие каналы (на полосах поглощения водяного пара), необходима для оценки излучающей способности облака. Применяется как на НОС, так и на ГСО.

Метод 2: от ИК зондирования — принцип: величина, полученная как побочный продукт от зондирования температуры/влажности, извлекаемый из ИК спектроскопии. Различная радиояркостьная температура на различных длинах волн, чувствительных к CO_2 , позволяет извлечь температуру верхнего слоя облачности в пределах IFOV зондирования. Применяется как на НОС, так и на ГСО.

5.3.2 Высота вершины облака

Определение: высота верхней поверхности облака — физическая единица измерения: км — единица неопределенности: км.

Метод 1: ИК радиометрия — принцип: производная от давления на уровне вершины облака, преобразованного в высоту и температуру с использованием профиля прогнозируемой температуры после обзора облака на двух спаренных каналах с длиной волны 11 и 13,4 мкм (сравнение с «окном» позволяет измерить колоннообразный недостаток CO_2 над вершиной облака). Применяется как на НОС, так и на ГСО.

Метод 2: от ИК зондирования — принцип: величина, полученная как побочный продукт от зондирования температуры/влажности, извлекаемый из ИК спектроскопии. Различный перенос энергии излучением на различных длинах волн позволяет извлечь высоту вершины облака в пределах IFOV зондирования. Применяется как на НОС, так и на ГСО.

Метод 3: лидар обратного рассеяния — принцип: измерение радиации обратного рассеяния в УФ- или ВИД- или БИК-диапазонах с помощью лидара. Предпочтительно измерения проводить на двух длинах волн. Применяется только на НОС.

Метод 4: радиолокатор для изучения облачности — принцип: измерение радиации обратного рассеяния в МКВ диапазоне (~94 ГГц) с помощью радиолокатора. Применяется только на НОС.

Метод 5: спектроскопия диапазона А — принцип: измерение колоннообразного недостатка O_2 над вершиной облака с помощью спектроскопии диапазона А на волне 760 нм и вблизи «окна». Применяется как на НОС, так и на ГСО.

5.3.3 Вид облаков

Определение: комплексные характеристики наблюдаемого облака. Перечень интересующих видов определяется заранее — неопределенность выражается как число дискриминантных видов (классов).

Метод 1: радиометрия ВИД/ИК-диапазонов — принцип: проведение мультиспектрального анализа отражающей способности облака, температуры поверхности его вершины, оптической глубины, излучающей способности, фазы, размера капель, на различном фоне, измеренных на нескольких дискретных каналах в относительно широком частотном диапазоне (5–10 см^{-1}). Применяется как на НОС, так и на ГСО.

5.3.4 Облачный покров

Определение: трехмерное поле части неба, в которой определяется облачность. Требуется построение трехмерного поля в тропосфере (ограничение по высоте: 12 км) и также единого слоя (весь атмосферный столб) для обеспечения определения общего облачного покрова — физическая единица измерения: % — единица неопределенности: %.

Метод 1: радиометрия ВИД/ИК-диапазонов — принцип: производная от изображений облачности, полученных с использованием нескольких дискретных каналов, подобранных специально для определения всех видов облаков. Доля облачного покрова соответствует числу пикселей облачности в заданном множестве пикселей. Применяется как на НОС, так и на ГСО.

Метод 2: от ИК зондирования — принцип: величина, полученная как побочный продукт от зондирования температуры/влажности, извлекаемый из ИК спектроскопии. Различный перенос энергии излучением на различных длинах волн позволяет извлечь долю облачности, умноженную на излучательную способность облака, в пределах IFOV зондирования. Применяется как на НОС, так и на ГСО.

Метод 3: радиолокатор обнаружения облачности — принцип: измерение радиации обратного рассеяния от капель в облаке в МКВ диапазоне (~94 ГГц) с помощью высокочастотного радиолокатора. Применяется только на НОС.

5.3.5 **Высота нижней границы облаков**

Определение: высота нижней поверхности облака — физическая единица измерения: км — единица неопределенности: км.

Метод 1: радиолокатор обнаружения облачности — принцип: производная величина, определяемая как значение нижнего уровня радиации обратного рассеяния от капель в облаке, измеренная с помощью высокочастотного радиолокатора (~94 ГГц). Применяется только на НОС.

5.3.6 **Оптическая глубина облака**

Определение: эффективная глубина облака (англ. OD = depth of the cloud) с точки зрения проникновения излучения. Определяется как $OD = e^{-K \Delta z}$, где K — коэффициент затухания (км^{-1}), Δz — путь оптического луча (км) между основанием и вершиной облака. Она зависит от длины волны, но обычно соотносится с излучением в видимой части спектра. Физическая единица измерения: безразмерная — единица неопределенности: безразмерная.

Метод 1: лидар обратного рассеяния — принцип: измерение радиации обратного рассеяния в УФ-, ВИД- или БИК-диапазонах с помощью лидара. Предпочтительно измерения проводить на двух длинах волн. Применяется только на НОС.

Метод 2: КВ поляриметрия — принцип: измерение рассеянной солнечной радиации на нескольких узкополосных каналах в УФ-, ВИД-, БИК-диапазонах и КВИК диапазоне, некоторые с поляризметрическими измерениями для определения трех параметров Стокса. Применяется только на НОС.

Метод 3: коротковолновая/тепловая инфракрасная (КВ/ТИК) радиометрия — принцип: измерение рассеянной солнечной радиации на нескольких узкополосных каналах в УФ-, ВИД-, БИК- и КВИК-диапазонах, и испускаемого излучения на нескольких каналах ТИК-диапазона в окнах. Применяется как на НОС, так и на ГСО.

5.3.7 **Вода в жидкой фазе в облаке**

Определение: трехмерное поле содержания воды в атмосфере в жидкой фазе (выпадающей в виде осадков или не выпадающей). Требуется измерение в тропосфере (ограничение по высоте: 12 км) и также для всего атмосферного столба — физическая единица измерения: г/кг для слоев, г/м² для всего атмосферного столба — единица неопределенности: % для слоев, г/м² для всего атмосферного столба.

Метод 1: радиолокатор обнаружения облачности — принцип: измерение уровня излучения обратного рассеяния от капель в облаке с помощью высокочастотного радиолокатора (~94 ГГц). Применяется только на НОС.

Метод 2: радиолокатор для изучения осадков — принцип: измерение уровня излучения обратного рассеяния от капель в облаке с помощью среднечастотного радиолокатора (предпочтительно на двух частотах, 14 и 35 ГГц). Применяется только на НОС.

Метод 3: МКВ/субмиллиметровое зондирование — принцип: измерение МКВ и субмиллиметрового излучений в окне замера на каналах (обычно на частотах (~10, 19, 37, 90, 150 ГГц) с двойной поляризацией и в полосах поглощения (обычно ~54, 118, 183 ГГц). Применяется как на НОС, так и потенциально на ГСО.

5.3.8 Эффективный радиус капель воды в облаке

Определение: трехмерное поле распределения по размеру мелких капелек воды в жидкой фазе, слившихся в сферы того же объема. Требуется измерение в тропосфере (ограничение по высоте: 12 км) и также на поверхности вершины облака — физическая единица измерения: мкм — единица неопределенности: мкм.

Метод 1: радиолокатор обнаружения облачности — принцип: измерение уровня радиации обратного рассеяния от капель в облаке с помощью высокочастотного радиолокатора (~94 ГГц). Применяется только на НОС.

Метод 2: радиолокатор для изучения осадков — принцип: измерение уровня радиации обратного рассеяния от капель в облаке с помощью среднечастотного радиолокатора (предпочтительно на двух частотах, 14 и 35 ГГц). Применяется только на НОС.

Метод 3: МКВ/субмиллиметровое зондирование — принцип: измерение МКВ и субмиллиметрового излучений в окне замера на каналах (обычно на частотах ~10, 19, 37, 90, 150 ГГц) с двойной поляризацией, и полосах поглощения (обычно ~54, 118, 183 ГГц). На практике профиль распределения эффективного радиуса капель воды в облаке получается с помощью соответствующих моделей ЧПП, по возможности, с разрешающей способностью для определения облачности. Применяется как на НОС, так и потенциально на ГСО.

Метод 4: лидар обратного рассеяния — принцип: измерение радиации обратного рассеяния в УФ-, ВИД- или БИК-диапазонах с помощью лидара. Практические ограничения — до вершины облака. Применяется только на НОС.

Метод 5: КВ поляриметрия — принцип: измерение рассеянной солнечной радиации на нескольких узкополосных каналах в УФ-, ВИД-, БИК- и КВИК-диапазонах, некоторые с поляризметрическими измерениями для определения трех параметров Стокса. Практические ограничения — до вершины облака. Применяется только на НОС.

Метод 6: ВИД/ИК радиометрия — принцип: измерение рассеянной солнечной радиации на нескольких узкополосных каналах в ВИД-, БИК-, КВИК- и СВИК-диапазонах. Также измеряется дифференциальное излучение на нескольких каналах в тепловом инфракрасном диапазоне (ТИК, для перистых облаков). Практические ограничения — до вершины облака. Применяется как на НОС, так и на ГСО.

5.3.9 Лед в облаке

Определение: трехмерное поле распределения в атмосфере воды в твердой фазе (выпадающей в виде осадков или не выпадающей). Требуется измерение в тропосфере (ограничение по высоте: 12 км) и также для всего столба — физическая единица измерения: г/кг для слоев, г/м² для всего атмосферного столба — единица неопределенности: % для слоев, г/м² для всего атмосферного столба.

Метод 1: радиолокатор для изучения облачности — принцип: измерение уровня радиации обратного рассеяния от частичек льда в облаке с помощью высокочастотного радиолокатора (~94 ГГц). Применяется только на НОС.

Метод 2: радиолокатор для изучения осадков — принцип: измерение уровня радиации обратного рассеяния от частичек льда в облаке с помощью среднечастотного радиолокатора (предпочтительно на двух частотах, 14 и 35 ГГц). Применяется только на НОС.

Метод 3: МКВ/субмиллиметровое зондирование — принцип: измерение МКВ и субмиллиметрового излучений в окне замера на каналах (обычно на частотах ~37, 90, 150 ГГц) с двойной поляризацией, и полосах поглощения (обычно ~54, 118, 183 и потенциально 380, 425 ГГц). На практике профиль распределения эффективного

радиуса капель воды в облаке получается с помощью соответствующих моделей ЧПП, по возможности, с разрешающей способностью для определения облачности. Применяется как на НОС, так и потенциально на ГСО.

Метод 4: формирование изображений в субмиллиметровом диапазоне — принцип: измерение излученной и рассеянной радиации в окнах МКВ-диапазона (243, 664, 874 ГГц) с двойной поляризацией, поддерживаемой каналами на спектральной полосе поглощения H_2O (183, 325, 448 ГГц). Применяется только для всего атмосферного столба. Применяется только на НОС.

Метод 5: формирование изображений в дальней ИК области спектра — принцип: измерение излученной и рассеянной радиации в атмосферных окнах на нескольких частотах дальней ИК области спектра (18,2; 24,4; 52, 87 мкм) по сравнению с ТИК (8,7; 11; 12 мкм). Применяется только для всего атмосферного столба. Применяется только на НОС.

5.3.10 Эффективный радиус льда в облаке

Определение: трехмерное поле распределения по размеру частичек льда, слившихся в сферы того же объема. Требуется измерение в тропосфере (ограничение по высоте: 12 км) и также на поверхности вершины облака — физическая единица измерения: мкм — единица неопределенности: мкм.

Метод 1: радиолокатор для изучения облачности — принцип: измерение уровня радиации обратного рассеяния от частичек льда в облаке с помощью высокочастотного радиолокатора (~94 ГГц). Применяется только на НОС.

Метод 2: радиолокатор для изучения осадков — принцип: измерение уровня радиации обратного рассеяния от частичек льда в облаке с помощью среднечастотного радиолокатора (предпочтительно на двух частотах, 14 и 35 ГГц). Применяется только на НОС.

Метод 3: МКВ/субмиллиметровое зондирование — принцип: измерение МКВ и субмиллиметрового излучений в окне замера на каналах (обычно на частотах ~10, 19, 37, 90, 150 ГГц) с двойной поляризацией, и полосах поглощения (обычно ~54, 118, 183 ГГц). На практике профиль распределения эффективного радиуса капель воды в облаке получается с помощью соответствующих моделей ЧПП, по возможности, с разрешающей способностью для определения облачности. Применяется как на НОС, так и потенциально на ГСО.

Метод 4: лидар обратного рассеяния — принцип: измерение излучения обратного рассеяния в УФ-, ВИД- или БИК-диапазонах с помощью лидара. Практические ограничения — до вершины облака. Применяется только на НОС.

Метод 5: КВ поляриметрия — принцип: измерение рассеянной солнечной радиации на нескольких узкополосных каналах в УФ-, ВИД-, БИК- и КВИК-диапазонах, некоторые с поляриметрическими измерениями для определения трех параметров Стокса. Практические ограничения — до вершины облака. Применяется только на НОС.

Метод 6: ВИД/ИК радиометрия — принцип: измерение рассеянной солнечной радиации на нескольких узкополосных каналах в ВИД-, БИК-, КВИК- и СВИК-диапазонах. Также измеряется дифференциальное излучение на нескольких каналах в ТИК-диапазоне (для перистых облаков). Практические ограничения — до вершины облака. Применяется как на НОС, так и на ГСО.

5.3.11 **Высота нулевой изотермы в облаке**

Определение: высота расположения атмосферного слоя в облаке, на которой происходит трансформация воды из жидкой в твердую фазу и наоборот — физическая единица измерения: км — единица неопределенности: км.

Метод 1: радиолокатор для изучения осадков — принцип: измерение уровня радиации обратного рассеяния от капель в облаке с помощью среднечастотного радиолокатора (предпочтительно на двух частотах, 14 и 35 ГГц). Применяется только на НОС.

Метод 2: МКВ/субмиллиметровое зондирование — принцип: производная величина от зондирования температуры на частотах МКВ и субмиллиметрового диапазонов. Применяется на НОС и потенциально на ГСО.

5.3.12 **Толщина слоя таяния льда в облаке**

Определение: толщина атмосферного слоя в облаке, в котором происходит трансформация воды из жидкой в твердую фазу и наоборот — физическая единица измерения: км — единица неопределенности: км.

Метод 1: радиолокатор для изучения осадков — принцип: измерение уровня радиации обратного рассеяния от капель в облаке с помощью среднечастотного радиолокатора (предпочтительно на двух частотах, 14 и 35 ГГц). Применяется только на НОС.

Метод 2: МКВ/субмиллиметровое зондирование — принцип: производная величина от зондирования температуры на частотах МКВ и субмиллиметрового диапазонов. Применяется на НОС и потенциально на ГСО.

5.3.13 **Атмосферные осадки (в жидкой или твердой фазе)**

Определение: трехмерное поле распределения вертикальных потоков выпадающей водяной массы. Требуется измерение в тропосфере (ограничение по высоте: 12 км) — физическая единица измерения: $\text{г} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{м}^{-2}$ (вертикальный поток выпадающей водяной массы) — единица неопределенности: %.

Метод 1: радиолокатор для изучения осадков — принцип: измерение уровня радиации обратного рассеяния от капель в облаке с помощью среднечастотного радиолокатора (предпочтительно на двух частотах, 14 и 35 ГГц). Также полезен доплеровский метод измерения. Применяется только на НОС.

Метод 2: МКВ/субмиллиметровое зондирование — принцип: измерение МКВ и субмиллиметровой радиации в окне замера на каналах (обычно на частотах ~10, 19, 37, 90, 150 ГГц) с двойной поляризацией, и полосах поглощения (обычно ~54, 118, 183, 380, 425 ГГц). На практике профиль распределения эффективного радиуса капель воды в облаке получается с помощью соответствующих моделей ЧПП, по возможности, с разрешающей способностью для определения облачности. Применяется на НОС и потенциально на ГСО.

5.3.14 **Интенсивность осадков на поверхности (в жидкой и твердой фазе)**

Определение: интенсивность атмосферных осадков, достигающих поверхности земли — физическая единица измерения: мм/ч (если осадки в твердой фазе, то мм/ч воды, образовавшейся после таяния снега или льда) — единица неопределенности: мм/ч. Поскольку неопределенность меняется с изменением интенсивности, необходимо уточнить контрольное значение интенсивности. Ограничение по интенсивности: 5 мм/ч.

Метод 1: радиолокатор для изучения осадков — принцип: измерение уровня радиации обратного рассеяния от капель в облаке с помощью среднечастотного радиолокатора (предпочтительно на двух частотах, 14 и 35 ГГц). Также полезен доплеровский метод измерения. Применяется только на НОС.

Метод 2: МКВ/субмиллиметровое зондирование — принцип: измерение МКВ и субмиллиметровой радиации в окне замера на каналах (обычно на частотах ~10, 19, 37, 90, 150 ГГц) с двойной поляризацией, и полосах поглощения (обычно ~54, 118, 183, 380, 425 ГГц). На практике профиль распределения эффективного радиуса капель воды в облаке получается с помощью соответствующих моделей ЧПП, по возможности, с разрешающей способностью для определения облачности. Применяется на НОС и потенциально на ГСО.

Метод 3: ВИД/ИК радиометрия — принцип: значение определяется по полученным изображениям облачности на нескольких дискретных каналах, подобранных таким образом, чтобы определять все виды облаков при помощи концептуальных моделей, как правило, лучше реагирующих на конвективные дождевые осадки.

Метод 4: сочетание методов МКВ зондирования с НОС и ИК зондирования с ГСО — принцип: продукция на основе объединения данных, полученных с НОС в МКВ-диапазоне с помощью надежных/нечастых измерений, с данными на основе часто получаемых ИК-изображений с ГЕО, используемых либо для «калибровки» МКВ измерениями, либо для предоставления возможности проведения динамической интерполяции между данными об осадках, полученными методом МКВ зондирования. Требуются как НОС, так и ГСО.

5.3.15 **Суммарные осадки (за 24 часа)**

Определение: интегрирование интенсивности атмосферных осадков, достигающих поверхности земли. Базовым требованием является интеграции за 24 часа — физическая единица измерения: мм — единица неопределенности: мм.

Метод 1: от сочетания методов МКВ зондирования с НОС и ИК зондирования с ГСО — принцип: производная от интеграции по времени часто измеряемой скорости выпадения осадков путем слияния данных о скорости выпадения осадков, полученных с помощью МКВ зондирования с НОС, с данными на основе ИК-изображений с ГСО. Требуются как НОС, так и ГСО.

Метод 2: от МКВ/субмиллиметрового зондирования — принцип: производная от интеграции по времени часто измеряемой скорости выпадения осадков, измеренной с помощью МКВ/субмиллиметрового зондирования с ГСО. Применяется на ГСО (потенциально).

5.3.16 **Обнаружение молний**

Определение: картирование явлений молнии в виде числа вспышек в заданный интервал времени над заданным районом — физическая единица измерения: число - неопределенность выражена в виде ударной скорости (УС) и уровня ложной тревоги (УЛТ).

Метод 1: картирование молний — принцип: обнаружение вспышек с помощью полупроводниковой камеры на приборах с зарядовой связью (ПЗС) в очень узкополосном спектре на БИК-полосе поглощения кислорода (обычно на волне 777,4 нм) для возможности использования также и в дневное время. Число вспышек в заданный интервал времени над заданным районом и их интенсивность связаны с развитостью конвективных процессов в облаке. Применяется как на НОС, так и потенциально на ГСО.

5.4 АЭРОЗОЛИ И РАДИАЦИЯ

Этот тематический раздел охватывает переменные, оказывающие воздействие на радиационный баланс Земли в сопоставлении с космосом, взаимодействие облачности и радиации, образование облачности, качество воздуха и несколько факторов, характеризующих климат и его изменение. В таблице 5.3 перечислены переменные, наблюдаемые из космоса.

Таблица 5.3. Геофизические переменные, рассматриваемые в тематическом разделе «Аэрозоли и радиация»

Оптическая плотность аэрозоля	Восходящий поток спектральной плотности излучения на ВГА	Альbedo поверхности Земли
Концентрация аэрозолей	Восходящий поток ДВ-излучения на ВГА	Двунаправленное отражение КВ радиации от поверхности Земли
Эффективный радиус аэрозоля	Восходящий поток КВ-излучения на ВГА	Восходящий поток ДВ-излучения на поверхности Земли
Тип аэрозоля	Отражение коротковолнового излучения от облаков	Длинноволновое излучение поверхности Земли
Вулканический пепел	Нисходящий поток ДВ-излучения на поверхности Земли	Активная радиация фотосинтеза (АРФ)
Нисходящий поток солнечного излучения на ВГА	Нисходящий поток КВ-излучения на поверхности Земли	Доля поглощаемой АРФ

Дополнительные переменные, такие как оптическая плотность поглощения аэрозолем, коэффициент аэрозольного ослабления, альbedo однократного рассеяния аэрозолем и фазовая функция аэрозоля, здесь не рассматриваются, поскольку они тесно связаны с отобранными для этого тематического раздела переменными (оптическая плотность, концентрация, эффективный радиус и тип), которые доступнее для понимания обычными пользователями.

5.4.1 Оптическая плотность аэрозоля

Определение: эффективная плотность столба аэрозолей в атмосфере с точки зрения проникновения излучения. Определяется как $OD = \exp(-K \Delta z)$, где K — коэффициент затухания (км^{-1}), Δz — путь оптического луча (км) между земной поверхностью и ВГА. Она зависит от длины волны — физическая единица измерения: безразмерная — единица неопределенности: безразмерная.

Метод 1: лидар обратного рассеяния — принцип: измерение радиации обратного рассеяния в УФ-, ВИД- или БИК-диапазонах с помощью лидара. Применяется только на НОС.

Метод 2: КВ поляриметрия — принцип: измерение рассеянной солнечной радиации на нескольких узкополосных каналах в УФ-, ВИД-, БИК- и КВИК-диапазонах, некоторые с поляризметрическими измерениями для определения трех параметров Стокса. Также используется многократный обзор с разным углом падения. Применяется только на НОС.

Метод 3: КВ спектроскопия (надирная) — принцип: измеряется рассеянная радиация в УФ-, ВИД-, БИК- и КВИК-диапазонах при надирном наблюдении с высокой спектральной разрешающей способностью. Применяется как на НОС, так и на ГСО.

Метод 4: ВИД/ИК радиометрия — принцип: измерение рассеянной солнечной радиации на нескольких каналах в ВИД-, БИК- и КВИК-диапазонах. Некоторая информация, относящаяся к поглощающим аэрозолям, также доступна при измерении в окнах ТИК-диапазона. Применяется как на НОС, так и на ГСО.

5.4.2 Концентрация аэрозолей

Определение: трехмерное поле отношений концентраций компонентов смеси конденсированных частиц в атмосфере (кроме воды) — требуется измерение от поверхности до ВГА (слои атмосферы: НТ, ВТ, НС, ВС и М) + весь атмосферный столб — физическая единица измерения: г/кг для слоев, г/м² для всего атмосферного столба — единица неопределенности: % для слоев, г/м² для всего атмосферного столба.

Метод 1: лидар обратного рассеяния — принцип: измерение излучения обратного рассеяния в УФ-, ВИД- или БИК-диапазонах с помощью лидара. Применяется только на НОС.

Метод 2: КВ поляриметрия — принцип: измерение рассеянной солнечной радиации на нескольких узкополосных каналах в УФ-, ВИД-, БИК- и КВИК-диапазонах, некоторые с поляризметрическими измерениями для определения трех параметров Стокса. Также используется многократный обзор с разным углом падения. Применяется только на НОС.

Метод 3: КВ спектроскопия (надирная) — принцип: измеряется рассеянная радиация в УФ-, ВИД-, БИК- и КВИК-диапазонах при надирном наблюдении с высокой спектральной разрешающей способностью. Применяется как на НОС, так и на ГСО.

Метод 4: КВ спектроскопия (лимбовая) — принцип: измеряется рассеянная радиация в УФ, ВИД, БИК и КВИК диапазонах в режиме лимбовых наблюдений с высокой спектральной разрешающей способностью. Также используются наблюдения за поглощенной радиацией от солнца и звезд во время затмения. Применяется только на НОС.

Метод 5: ВИД/ИК радиометрия — принцип: измерение рассеянной солнечной радиации на нескольких каналах в ВИД-, БИК- и КВИК-диапазонах. Некоторая информация, относящаяся к поглощающим аэрозолям, также доступна при измерении в окнах ТИК-диапазона. Подходит только для всего атмосферного столба. Применяется как на НОС, так и на ГСО.

5.4.3 Эффективный радиус аэрозоля

Определение: трехмерное поле аэрозольных частиц среднего размера, слившихся в сферы того же объема. Требуется измерение в тропосфере (ограничение по высоте: 12 км) и получение осредненного значения по всему атмосферному столбу — физическая единица измерения: мкм — единица неопределенности: мкм.

Метод 1: лидар обратного рассеяния — принцип: измерение радиации обратного рассеяния в УФ-, ВИД- или БИК-диапазонах с помощью лидара. Применяется только на НОС.

Метод 2: КВ поляриметрия — принцип: измерение рассеянной солнечной радиации на нескольких узкополосных каналах в УФ-, ВИД-, БИК- и КВИК-диапазонах, некоторые с поляризметрическими измерениями для определения трех параметров Стокса. Также используется многократный обзор с разным углом падения. Необходимо использование априорной информации и интенсивного моделирования. Применяется только на НОС.

Метод 3: КВ спектроскопия (надирная) — принцип: измеряется рассеянная радиация в УФ-, ВИД-, БИК- и КВИК диапазонах при наблюдениях в надир с высокой спектральной разрешающей способностью. Необходимо использование априорной информации и интенсивного моделирования. Применяется как на НОС, так и на ГСО.

5.4.4 Тип аэрозоля

Определение: трехмерное поле. Комплексные характеристики наблюдаемых аэрозолей. Перечень интересующих типов определяется заранее — требуется измерение в тропосфере (ограничение по высоте: 12 км) и получение осредненного значения по всему атмосферному столбу — неопределенность выражается числом типов, которые фактически могут быть определены классов.

Метод 1: лидар обратного рассеяния — принцип: измерение радиации обратного рассеяния в УФ-, ВИД- или БИК-диапазонах с помощью лидара. Применяется только на НОС.

Метод 2: КВ поляриметрия — принцип: измерение рассеянной солнечной радиации на нескольких узкополосных каналах в УФ-, ВИД-, БИК- и КВИК-диапазонах, некоторые с поляризметрическими измерениями для определения трех параметров Стокса. Также используется многократный обзор с разным углом падения. Совершенно необходимо использование априорной информации и интенсивного аэрозольного моделирования. Применяется только на НОС.

Метод 3: КВ спектроскопия (надирная) — принцип: измеряется рассеянная радиация в УФ-, ВИД-, БИК- и КВИК-диапазонах при наблюдениях в надир с высокой спектральной разрешающей способностью. Необходимо использование априорной информации и интенсивного моделирования. Применяется как на НОС, так и на ГСО.

Метод 4: ВИД/ИК радиометрия — принцип: измерение рассеянной солнечной радиации на нескольких каналах в ВИД-, БИК- и КВИК-диапазонах. Некоторая информация, относящаяся к поглощающим аэрозолям, также доступна при измерении в окнах ТИК-диапазона. Необходимо использование априорной информации и интенсивного моделирования. Подходит только для всего атмосферного столба. Применяется как на НОС, так и на ГСО.

5.4.5 Вулканический пепел

Определение: трехмерное поле концентрации вулканического пепла — требуется измерение от поверхности до ВГА (слои атмосферы: НТ, ВТ, НС, ВС и М) + весь атмосферный столб — физическая единица измерения: г/кг для слоев, г/м² для всего атмосферного столба — единица неопределенности: % для слоев, г/м² для всего столба.

Метод 1: лидар обратного рассеяния — принцип: измерение радиации обратного рассеяния в УФ-, ВИД- или БИК-диапазонах с помощью лидара. Применяется только на НОС.

Метод 2: КВ поляриметрия — принцип: измерение рассеянной солнечной радиации на нескольких узкополосных каналах в УФ-, ВИД-, БИК- и КВИК-диапазонах, некоторые с поляризметрическими измерениями для определения трех параметров Стокса. Также используется многократный обзор с разным углом падения. Применяется только на НОС.

Метод 3: КВ спектроскопия (надирная) — принцип: измеряется рассеянная радиация в УФ-, ВИД-, БИК- и КВИК-диапазонах при наблюдениях в надир с высокой спектральной разрешающей способностью. Применяется как на НОС, так и на ГСО.

Метод 4: КВ спектроскопия (лимбовая) — принцип: измеряется рассеянная радиация в УФ-, ВИД-, БИК- и КВИК-диапазонах в режиме лимбовых наблюдений с высокой спектральной разрешающей способностью. Также используются наблюдения за поглощенной радиацией от солнца и звезд во время затмения. Применяется только на НОС.

Метод 5: ВИД/ИК радиометрия — принцип: измерение рассеянной солнечной радиации на нескольких каналах в ВИД-, БИК- и КВИК-диапазонах. Некоторая информация,

относящаяся к поглощающим аэрозолям, также доступна при измерении в окнах ТИК-диапазона. Подходит только для всего атмосферного столба. Применяется как на НОС, так и на ГСО.

5.4.6 **Нисходящий поток солнечного излучения на верхней границе атмосферы**

Определение: плотность потока солнечного излучения на верхней границе атмосферы — физическая единица измерения: Вт/м² — единица неопределенности: Вт/м².

Метод 1: резонансный радиометр — принцип: измерение захваченного общего нисходящего потока солнечной радиации на высоте спутника с помощью прибора, такого как активного резонансного радиометра. Абсолютный метод измерения. Применяется на НОС, ГСО или орбитах в открытом космосе, в точке Лагранжа L1 (точка либрации), к примеру.

5.4.7 **Восходящий поток спектральной плотности излучения на верхней границе атмосферы**

Определение: продукция уровня 1. Спектральный диапазон 0,2–200 мкм. Разрешающая способность $\lambda/\Delta\lambda = 1\,000$. Неопределенность выражена как отношение сигнал–шум.

Метод 1: широкополосная спектроскопия — принцип: измерение излучения в интервале 0,2–200 мкм, излучаемого системой Земля-атмосфера в направлении космоса. Необходимо несколько спектрометров для охвата КВ- и ДВ-диапазонов. Целью исследований является мониторинг изменения климата с использованием спектра как абсолютного показателя («сигнатуры»). Применяется только на НОС.

5.4.8 **Восходящий поток длинноволнового излучения на верхней границе атмосферы**

Определение: плотность потока инфракрасного земного излучения в космос поверхностью Земли, атмосферой и облаками на верхней границе атмосферы — физическая единица измерения: Вт/м² — единица неопределенности: Вт/м².

Метод 1: широкополосная радиометрия — принцип: измерение излучения в интервале 4–200 мкм, излучаемого системой Земля-атмосфера в направлении космоса, с помощью детекторов, имеющих как можно более плоскую характеристику в интервале измерения. Применяется как на НОС, так и на ГСО.

5.4.9 **Восходящий поток коротковолнового излучения на верхней границе атмосферы**

Определение: плотность потока земного излучения в космос поверхностью Земли, атмосферой и облаками на верхней границе атмосферы — физическая единица измерения: Вт/м² — единица неопределенности: Вт/м².

Метод 1: Широкополосная радиометрия — принцип: измерение излучения в интервале 0,2–4,0 мкм, отражаемого системой Земля-атмосфера в направлении космоса, с помощью детекторов, имеющих как можно более плоскую характеристику в интервале измерения. Информация о двунаправленном отражении и моделировании требуется для того, чтобы конвертировать энергетическую яркость излучения в плотность интенсивности падающего излучения. Применяется как на НОС, так и на ГСО.

5.4.10 **Отражение коротковолнового излучения от облаков**

Определение: отражение солнечного излучения от облаков — физическая единица измерения: % — единица неопределенности: %.

Метод 1: КВ радиометрия — принцип: измерение солнечного излучения обратного рассеяния на нескольких каналах в ВИД-, БИК- или КВИК-диапазонах. Рекомендуется использовать конфигурацию с разными углами обзора. Применяется как на НОС, так и на ГСО.

5.4.11 **Нисходящий поток длинноволнового излучения на поверхности Земли**

Определение: плотность потока длинноволнового излучения от солнца, атмосферы и облаков к поверхности Земли — физическая единица измерения: Вт/м² — единица неопределенности: Вт/м².

Метод 1: от ИК/МКВ зондирования — принцип: продукция высокого уровня, получаемая как производная от профилей температуры воздуха и водяного пара в атмосфере. Необходимо учитывать информацию о профиле облачного покрова, а именно о высоте нижней границы облачности. Необходимо применять атмосферное моделирование. Применяется как на НОС, так и на ГСО.

5.4.12 **Нисходящий поток коротковолнового излучения на поверхности Земли**

Определение: плотность потока коротковолнового излучения от солнца, атмосферы и облаков к поверхности Земли — физическая единица измерения: Вт/м² — единица неопределенности: Вт/м².

Метод 1: КВ радиометрия — принцип: продукция высокого уровня, получаемая как производная от измерений рассеянного солнечного излучения на нескольких узкополосных каналах в ВИД-, БИК- и КВИК-диапазонах для оценки затухания от облаков и аэрозолей. Помогает использование разных углов обзора и мультиполяризация. Применяется как на НОС, так и на ГСО.

5.4.13 **Альбедо поверхности Земли**

Определение: интегрированное в масштабе полушария отражение от поверхности Земли излучения в диапазоне 0,4–0,7 мкм (или в других определенных коротковолновых диапазонах) — физическая единица измерения: % — единица неопределенности: %.

Метод 1: КВ радиометрия с разными углами обзора — принцип: продукция высокого уровня, получаемая после измерений рассеянного солнечного излучения на нескольких каналах ВИД-диапазона под несколькими углами обзора и при разной высоте солнца для оценки эффекта анизотропии и улучшения расчетов радиационных потоков. Используются также каналы для определения атмосферных поправок. Применяется только на НОС.

Метод 2: ВИД радиометрия — принцип: измерение рассеянного солнечного излучения на нескольких каналах ВИД-диапазона, в том числе на каналах для определения атмосферных поправок. Эффект анизотропии для интегрирования в масштабе полушария рассчитывается с помощью моделирования. Применяется как на НОС, так и на ГСО.

5.4.14 **Двунаправленное отражение коротковолнового излучения от поверхности Земли**

Определение: отражение от поверхности Земли как функция угла обзора и условий освещенности в диапазоне 0,4–0,7 мкм (или в других специальных коротковолновых диапазонах) — физическая единица измерения: % — единица неопределенности: %.

Метод 1: КВ радиометрия — принцип: измерение рассеянного солнечного излучения на нескольких каналах ВИД-, БИК- и КВИК-диапазонов под несколькими углами обзора и при разной высоте солнца для оценки эффекта анизотропии и улучшения расчетов радиационных потоков. Используются также каналы для определения атмосферных поправок. Применяется только на НОС.

5.4.15 **Восходящий поток длинноволнового излучения на поверхности Земли**

Определение: плотность потока длинноволнового излучения, исходящего от поверхности Земли — физическая единица измерения: Вт/м² — единица неопределенности: Вт/м².

Метод 1: широкополосная радиометрия — принцип: измерение излучения в интервале 4–200 мкм, испускаемого поверхностью Земли в направлении атмосферы и, в конечном итоге, в космос. Нужны детекторные приемники с максимально возможной плоской характеристикой в интервале измерений. Необходимо применять атмосферные поправки, главным образом, на водяной пар и облачность. Применяется как на НОС, так и на ГСО.

5.4.16 **Длинноволновое излучение поверхности Земли**

Определение: излучение поверхности Земли в тепловом ИК-диапазоне как функция длины волны — физическая единица измерения: % — единица неопределенности: %.

Метод 1: ИК радиометрия — принцип: измерение испускаемого излучения в нескольких относительно узкополосных ИК каналах обзора для определения эквивалентных температур абсолютно черного тела на нескольких длинах волн. Применяется как на НОС, так и на ГСО.

Метод 2: ИК спектроскопия — принцип: множественное определение эквивалентных температур абсолютно черного тела в наибольшем числе узких окон обзора по всему ИК-диапазону спектра. Применяется как на НОС, так и на ГСО.

5.4.17 **Активная радиация фотосинтеза**

Определение: плотность потока нисходящих фотонов с длиной волны 0,4–0,7 мкм на поверхности — физическая единица измерения: μ эйнштейн $\cdot$ м⁻² $\cdot$ с⁻¹ (1 эйнштейн = $6 \cdot 10^{23}$ фотонов); наиболее используемая: Вт/м² — единица неопределенности: Вт/м².

Метод 1: ВИД радиометрия — принцип: продукция высокого уровня, подобная «нисходящему потоку коротковолнового излучения на поверхности Земли» за исключением того, что она относится к интервалу 0,4–0,7 мкм, используемому растительностью для фотосинтеза. Применяется как на НОС, так и на ГСО.

5.4.18 Доля поглощаемой активной радиации фотосинтеза

Определение: доля активной радиации фотосинтеза, поглощаемой растительностью (наземной и морской), для поддержания процессов фотосинтеза (обычно вокруг «красного» участка спектра) — физическая единица измерения: % — единица неопределенности: %.

Метод 1: ВИД радиометрия — принцип: рассчитывается на основе измеренной активной радиации фотосинтеза и одного измерения в районе «красного» участка спектра (~670 нм). Применяется как на НОС, так и на ГСО.

5.5 ОКЕАН И МОРСКОЙ ЛЕД

Этот тематический раздел состоит из переменных, характеризующих состояние поверхности океана, включая волны и морской лед. В таблице 5.4 перечислены переменные, наблюдаемые из космоса.

Таблица 5.4. Геофизические переменные, рассматриваемые в тематическом разделе «Океан и морской лед»

Концентрация хлорофилла в океане	Площадь нефтяных разливов	Уровень моря в прибрежных районах (приливы и отливы)	Частотный спектр направленной энергии волн
Цветность растворенных органических веществ	Температура поверхности моря	Высота значительных волн	Морской ледовый покров
Концентрация взвешенных наносов в океане	Соленость поверхности моря	Преимущественное направление волн	Толщина морского льда
Коэффициент диффузионного ослабления в океане (ДОО)	Динамическая карта поверхности океана	Преимущественный период волн	Вид морского льда

Многие переменные здесь не рассмотрены: профили температуры и солености в поверхностном слое океана (невозможно измерить из космоса), течения (производная продукция от карты поверхности океана в отношении геострофического компонента, невозможно измерить или в ином случае слишком неточные данные), протяженность или высота айсберга (особый случай для определения ледового покрова и толщины льда), дрейф льда (продукция динамического анализа).

5.5.1 Концентрация хлорофилла в океане

Определение: индикатор живой биомассы фитопланктона, получаемый из наблюдений за цветностью океана. Требуется определять как для районов открытого океана, так и для прибрежной зоны — физическая единица измерения: мг/м³ — единица неопределенности: мг/м³ при определенной концентрации (например 1 мг/м³).

Метод 1: ВИД радиометрия — принцип: измерение отраженной солнечной радиации на нескольких каналах (наиболее значительные: 442,5 нм, 490 нм, 560 нм, 665 нм, 681,25 нм). Спектральная разрешающая способность порядка 2 %. Применяется как на НОС, так и на ГСО.

5.5.2 Цветность растворенных органических веществ (ЦРОВ)

Определение: прежнее название «спектральная поглощательная способность желтого вещества». Значение переменной получают из наблюдений за цветностью океана. Показывает уровень живой биомассы, разлагающейся в процессе фотосинтеза. Требуется определять как для районов открытого океана, так и для прибрежной зоны — физическая единица измерения: м^{-1} — единица неопределенности: м^{-1} при определенной концентрации (такой как 1 м^{-1}).

Метод 1: ВИД радиометрия — принцип: измерение отраженной солнечной радиации на нескольких каналах (наиболее значительный: 412,5 нм). Спектральная разрешающая способность порядка 2 %. Применяется как на НОС, так и на ГСО.

5.5.3 Концентрация взвешенных наносов в океане

Определение: переменная величина извлекается из наблюдений за цветностью океана. Показывает речной сток, наносы или загрязнения веществами небиологического происхождения. Требуется определять как для районов открытого океана, так и для прибрежной зоны — физическая единица измерения: г/м^3 — единица неопределенности: г/м^3 при определенной концентрации (такой как 2 мг/м^3).

Метод 1: ВИД радиометрия — принцип: измерение отраженной солнечной радиации на нескольких каналах (наиболее значительные: 510 нм, 560 нм, 620 нм). Спектральная разрешающая способность порядка 2 %. Применяется как на НОС, так и на ГСО.

5.5.4 Коэффициент диффузионного ослабления в океане

Определение: бывшее название: «прозрачность воды». Индикатор мутности воды и вертикальных процессов в океане, извлекается из наблюдений за цветностью океана. Требуется определять как для районов открытого океана, так и для прибрежной зоны — физическая единица измерения: м^{-1} — единица неопределенности: м^{-1} .

Метод 1: ВИД радиометрия — принцип: измерение отраженной солнечной радиации на нескольких каналах в диапазоне 400–700 нм. Спектральная разрешающая способность порядка 2 %. Применяется как на НОС, так и на ГСО.

5.5.5 Площадь нефтяных разливов

Определение: доля района океана, загрязненная углеводородами в результате сброса с морских судов, случайного или преднамеренного. Разливы нефти оказывают воздействие на процессы взаимодействия океана и атмосферы. Требуется определять как для районов открытого океана, так и для прибрежной зоны — физическая единица измерения: % — единица неопределенности: %.

Метод 1: ВИД/БИК радиометрия — принцип: измерение отраженной солнечной радиации на нескольких каналах в диапазоне 400–1 000 нм. Спектральная разрешающая способность порядка 2 %. Применяется как на НОС, так и на ГСО.

Метод 2: КВ поляриметрия — принцип: измерение рассеянной солнечной радиации на нескольких узкополосных каналах в ВИД-, БИК- и КВИК-диапазонах, некоторые с двойной поляризацией. Применяется только на НОС.

Метод 3: оптические изображения высокого разрешения — принцип: измерение отраженной солнечной радиации в ВИД/БИК/КВИК-диапазонах, наблюдаемой на нескольких дискретных каналах относительно узких полос частот пропускания (1 %–5 %). Применяется только на НОС.

Метод 4: изображения, полученные с помощью РСА — принцип: измерение МКВ-излучения обратного рассеяния на частотах 1,3, 5 или 11 ГГц с помощью РСА. Полезно использовать поляризметрические возможности измерения. Применяется только на НОС.

5.5.6 Температура поверхности моря

Определение: температура воды на поверхности моря. «Среднемассовая» температура относится к слою воды до глубины обычно 2 м от поверхности, температура «поверхностного слоя» относится к верхнему слою воды толщиной 1 мм — физическая единица измерения: К — единица неопределенности: К.

Метод 1: ИК радиометрия — принцип: производная от ИК изображений на многих каналах, включая «окна» и другие (на спектральных частотах поглощения водяного пара), необходимые для оценки атмосферного ослабления. Двойной обзор сокращает неопределенность атмосферной поправки. Применяется как на НОС, так и на ГСО.

Метод 2: ИК спектроскопия — принцип: производная от большого количества очень узконаправленных каналов по всему ИК-диапазону спектра, связанных с другими каналами, предоставляющими всю информацию, необходимую для определения атмосферной поправки. Применяется как на НОС, так и на ГСО.

Метод 3: МКВ радиометрия — принцип: измерение излученной и рассеянной МКВ-радиации в атмосферных окнах в диапазоне малых значений средних частот (в частности 5 ГГц и 10 ГГц). Требуется проводить больше поляризационных измерений для поправки на эффект шероховатости. Применяется только на НОС.

5.5.7 Соленость поверхности моря

Определение: соленость морской воды в поверхностном слое, который подвергается воздействию турбулентных движений, вызванных давлением ветра, волнами и циклом суточного нагревания. (Это слой толщиной в несколько метров, но микроволновые измерения репрезентативны только для верхнего слоя ~1 м). Для районов открытого океана правильно использовать термин «хлореность» для того, чтобы указать на самый распространенный анион хлора — физическая единица измерения: единица фактической солености PSU, близкая к 1 ‰ или 1 г соли на 1 литр раствора — единица неопределенности: PSU.

Метод 1: МКВ радиометрия — принцип: измерение излученной и рассеянной МКВ радиации в низкочастотном диапазоне (например, 1,4 ГГц). Требуется проводить больше поляризационных измерений для поправки на эффект шероховатости. Желательно использовать больше каналов для поправки на температуру. Применяется только на НОС.

5.5.8 Динамическая карта поверхности океана

Определение: отклонение уровня моря от геоида в результате воздействия океанских течений (после внесения поправок на воздействие прилива/отлива и атмосферного давления) — физическая единица измерения: см — единица неопределенности: см.

Метод 1: радиолокационная альтиметрия — принцип: измерение излучения обратного рассеяния от поверхности моря с помощью среднечастотного радиолокатора (предпочтительно использовать двойную частоту, 13 ГГц и 3 ГГц или 5 ГГц). Необходимо использовать пассивную МКВ радиометрию на ассоциированных двух или трех каналах (23 ГГц и 37 ГГц и/или 13 ГГц и 3 ГГц или 5 ГГц) для поправки на путь луча в тропосфере с учетом водяного пара и обусловленного ионосферой завихрения. Карта поверхности океана получается путем фильтрации колебаний высоты волн из ряда данных, полученных в результате измерений на дальности от спутника до поверхности моря. Применяется только на НОС.

5.5.9 **Уровень моря в прибрежных районах (приливы и отливы)**

Определение: отклонение уровня моря от местного нулевого уровня в прибрежной зоне в результате воздействия местных течений и приливов/отливов (астрономического и ветрового происхождения) — физическая единица измерения: см — единица неопределенности: см.

Метод 1: радиолокационная альтиметрия — принцип: измерение излучения обратного рассеяния от поверхности моря с помощью среднечастотного радиолокатора (предпочтительно использовать двойную частоту, 13 ГГц и 3 ГГц или 5 ГГц). Необходимо использовать пассивную МКВ радиометрию на ассоциированных двух или трех каналах (23 ГГц и 37 ГГц и/или 19 ГГц) для поправки на путь луча в тропосфере с учетом водяного пара и обусловленного ионосферой завихрения. Уровень моря получается путем фильтрации колебаний высоты волн из ряда данных, полученных в результате измерений на дальности от спутника до поверхности моря. Применяется только на НОС.

5.5.10 **Высота значительных волн**

Определение: средняя амплитуда 30 самых высоких из 100 волн — физическая единица измерения: м — единица неопределенности: м.

Метод 1: радиолокационная альтиметрия — принцип: измерение излучения обратного рассеяния от поверхности моря с помощью среднечастотного радиолокатора (предпочтительно использовать двойную частоту, 13 ГГц и 3 ГГц или 5 ГГц). Высота волны связана с многообразием диапазонов измерений. Применяется только на НОС.

Метод 2: от спектральных характеристик РСА — принцип: производная от спектрального анализа изображений, полученных с помощью РСА, на частотах 1,3 ГГц или 5 ГГц, путем обработки данных о спектральной плотности, длине волны и направлении излучения с использованием граничных условий. Применяется только на НОС.

5.5.11 **Преимущественное направление волн**

Определение: одна из особенностей спектральной характеристики океанских волн. Это направление волны с самой большой энергией в спектре — физическая единица измерения: градусы — единица неопределенности: градусы.

Метод 1: от спектральных характеристик РСА — принцип: производная от спектрального анализа изображений, полученных с помощью РСА, на частотах 1,3; 5 или 11 ГГц. Применяется только на НОС.

5.5.12 **Преимущественный период волн**

Определение: одна из особенностей спектральной характеристики океанских волн. Это период волны с самой большой энергией в спектре — физическая единица измерения: с — единица неопределенности: с.

Метод 1: от спектральных характеристик РСА — принцип: производная от спектрального анализа изображений, полученных с помощью РСА, на частотах 1,3; 5 или 11 ГГц. Применяется только на НОС.

5.5.13 Частотный спектр направленной энергии волн

Определение: двумерная переменная, иначе называемая «волновой спектр». Описывает энергию волны, распространяющейся в каждом направлении и полосе частот (таких как 24 дискретных азимутальных секторов по 15° каждый и 25 частотных полос) — физическая единица измерения: $\text{м}^2 \cdot \text{Гц}^{-1} \cdot \text{рад}^{-1}$ — единица неопределенности: $\text{м}^2 \cdot \text{Гц}^{-1} \cdot \text{рад}^{-1}$.

Метод 1: от спектральных характеристик РСА — принцип: производная от спектрального анализа изображений, полученных с помощью РСА, на частотах 1,3; 5 или 11 ГГц. Применяется только на НОС.

5.5.14 Морской ледовый покров

Определение: доля района океана, где обнаружен лед — физическая единица измерения: % — единица неопределенности: %.

Метод 1: ВИД/ИК радиометрия — принцип: измерение отраженной солнечной радиации или излученной радиации в СДИК/ИК-диапазонах наблюдений на нескольких дискретных каналах относительно большой полосы пропускания (5–10 %). Относительная площадь ледового покрова определяется числом пикселей, классифицированных как «лед», в заданном массиве пикселей. Применяется как на НОС, так и на ГСО.

Метод 2: МКВ радиометрия — принцип: измерение излученной и рассеянной МКВ радиации в атмосферных окнах на среднем диапазоне высоких частот (таких как 37 ГГц, 90 ГГц). Требуется проводить больше поляризационных измерений (сигнал, отраженный от поверхности моря, сильно поляризован). Относительная площадь ледового покрова определяется числом пикселей, классифицированных как «лед», в заданном массиве пикселей. Применяется только на НОС.

Метод 3: оптические изображения высокого разрешения — принцип: измерение отраженной солнечной радиации в ВИД/БИК/КВИК-диапазонах наблюдений на нескольких дискретных каналах. Высокая разрешающая способность достигается за счет цикла наблюдений. Применяется только на НОС.

Метод 4: изображения, полученные с помощью РСА — принцип: измерение МКВ излучения обратного рассеяния на частотах 1,3; 5 или 11 ГГц с помощью радиолокатора с синтезированной апертурой. Относительная площадь ледового покрова определяется числом пикселей, классифицированных как «лед», в заданном массиве пикселей. Применяется только на НОС.

5.5.15 Толщина морского льда

Определение: толщина ледового покрова. Она относится к высоте поверхности морского льда над уровнем моря и к плотности льда — физическая единица измерения: см — единица неопределенности: см.

Метод 1: радиолокационная альтиметрия — принцип: измерение излучения обратного рассеяния от поверхности моря с помощью среднечастотного радиолокатора (предпочтительно использовать двойную частоту, 13 ГГц и 3 ГГц или 5 ГГц). Необходимо использовать пассивную МКВ радиометрию на ассоциированных двух каналах (23 и 37 ГГц) для поправки на путь луча в тропосфере с учетом водяного пара. Применяется только на НОС.

Метод 2: лидарная альтиметрия — принцип: измерение ВИД/БИК-излучения обратного рассеяния с помощью лидара. Предпочтительно использовать две длины волны, такие как 532 и 1 064 нм. Применяется только на НОС.

Метод 3: радиолокационная (РСА) интерферометрия — принцип: измерение МКВ излучения обратного рассеяния на частотах 1,3; 5 или 11 ГГц с помощью радиолокатора с синтезированной апертурой. Высота наблюдаемой поверхности определяется методом интерферометрии между изображениями, полученными от нескольких пролетов спутника над районом. Применяется только на НОС.

5.5.16 Вид морского льда

Определение: комплексные характеристики (возраст, неровность рельефа, плотность и др.) наблюдаемого морского льда. Перечень интересующих видов льда определяется заранее — неопределенность выражается в виде числа дискриминантных видов (классов).

Метод 1: радиолокационная скаттерометрия — принцип: измерение излучения обратного рассеяния с помощью скаттерометрии на основе среднечастотного радиолокатора (около 5 или 11 ГГц). Коэффициент отражения калиброванного радиолокатора зависит от неровности рельефа и проводимости поверхности (связана с возрастом льда). Применяется только на НОС.

Метод 2: МКВ радиометрия — принцип: измерение излученной и рассеянной МКВ-радиации в атмосферных окнах на средних частотах (таких как 19 и 37 ГГц). Желательно определение трех параметров Стокса (т. е., по крайней мере, четыре поляризации). Применяется только на НОС.

Метод 3: радиолокационные (РСА) изображения — принцип: измерение МКВ-излучения обратного рассеяния на частотах 1,3; 5 или 11 ГГц с помощью радиолокатора с синтезированной апертурой. Применяется только на НОС.

5.6 ПОВЕРХНОСТЬ СУШИ (ВКЛЮЧАЯ СНЕГ)

Этот тематический раздел состоит из переменных, характеризующих поверхность суши, включая растительность, пожары, ледники и снег. В таблице 5.5 перечислены переменные, наблюдаемые из космоса.

Таблица 5.5. Геофизические переменные, рассматриваемые в тематическом разделе «Поверхность суши, включая снег»

Температура поверхности суши	Индекс листовой поверхности	Состояние снега (влажный/сухой)	Топография поверхности суши
Влажность почвы на поверхности	Приведенный разностный индекс растительности	Снежный покров	Ледниковый покров
Влажность почвы (в корнеобитаемом слое почвы)	Долевая часть покрова, охваченная пожаром	Водный эквивалент снега	Топография ледников
Доля поверхности суши, покрытая растительностью	Температура пожара	Тип почвы	
Тип растительности	Энергия излучения от пожара	Почвенно-растительный покров	

Несколько переменных здесь не рассмотрены, в частности, грунтовые воды (учитываются при рассмотрении влажности почвы, снега, ледников и одного вида почвенно-растительного покрова), расход воды в реке (продукция слишком высокого уровня), профиль температуры внутри почвенного слоя (невозможно измерить из космоса),

температура поверхности снега и озера, вечная мерзлота (частные случаи наблюдений за температурой поверхности), береговая линия (слишком очевидно), биомасса (слишком обобщенная величина).

5.6.1 Температура поверхности суши

Определение: температура видимой поверхности суши (оголенная почва или растительность) — физическая единица измерения: К — единица неопределенности: К.

Метод 1: ИК радиометрия — принцип: производная от ИК изображений на многих каналах, включая «окна» и другие при необходимости оценить излучательную способность и атмосферное ослабление (на спектральных частотах поглощения водяного пара). Двойной обзор сокращает неопределенность атмосферной поправки. Применяется как на НОС, так и на ГСО.

Метод 2: ИК спектроскопия — принцип: производная от большого количества очень узконаправленных каналов по всему ИК-диапазону спектра, связанных с другими каналами, предоставляющими всю информацию, необходимую для определения атмосферной поправки. Это позволяет оценить излучательную способность. Применяется как на НОС, так и на ГСО.

Метод 3: МКВ радиометрия — принцип: измерение излученной и рассеянной МКВ-радиации в атмосферных окнах в диапазоне малых значений средних частот (таких как 5 ГГц, 10 ГГц). Требуется проводить больше поляризационных измерений для поправки на эффекты влажности. Применяется только на НОС.

5.6.2 Влажность почвы на поверхности

Определение: относительное содержание воды в объеме влажной почвы. Поверхностный слой (верхние несколько сантиметров) — физическая единица измерения: $\text{м}^3/\text{м}^3$ — единица неопределенности: $\text{м}^3/\text{м}^3$.

Метод 1: МКВ радиометрия — принцип: измерение излученной и рассеянной МКВ радиации в низкочастотном диапазоне (1,4 и 2,7 ГГц, к примеру). Требуется проводить многочисленные поляризационные измерения для поправки на эффект шероховатости. Желательно использовать больше каналов для поправки на температуру. Целесообразно использовать более высокие частоты (5 ГГц, 10 ГГц), особенно для оголенной почвы. Применяется только на НОС.

Метод 2: радиолокационная скаттерометрия — принцип: измерение МКВ-излучения обратного рассеяния на относительно низких частотах (таких как 5 ГГц). Используется множество углов обзора для оценки поправки на неровность рельефа. Применяется только на НОС.

Метод 3: радиолокационные (РСА) изображения — принцип: измерение МКВ-излучения обратного рассеяния на частотах 1,3; 5 или 11 ГГц с помощью радиолокатора с синтезированной апертурой. Применяется только на НОС.

Метод 4: ВИД/ИК радиометрия — принцип: возможно использование нескольких индикаторов. Примеры: затухание коэффициента отражения от ВИД/БИК к КВИК диапазону; производная от очевидной тепловой инерции, получаемой путем измерения задержки в повышении температуры суши под воздействием приходящей солнечной радиации (применимо к оголенной почве). Применяется как на НОС, так и на ГСО.

5.6.3 Влажность почвы (в корнеобитаемом слое почвы)

Определение: трехмерное поле относительного содержания воды в объеме влажной почвы в подпочвенном слое. Требуемое измерение в слое от поверхности вглубь почвы до ~3 м — физическая единица измерения: $\text{м}^3/\text{м}^3$ — единица неопределенности: $\text{м}^3/\text{м}^3$.

Метод 1: МКВ радиометрия в L-диапазоне — принцип: измерение испускаемой МКВ-радиации в низкочастотном диапазоне (таком как 1,4 ГГц). Требуется проводить многочисленные поляризационные измерения для поправки на эффект шероховатости. Применяется только на НОС.

Метод 2: радиолокационные (РСА) изображения в L-диапазоне — принцип: измерение МКВ излучения обратного рассеяния на низкой частоте (обычно 1,3 ГГц) с помощью радиолокатора с синтезированной апертурой. Можно использовать Р-диапазон (~400 МГц) и S-диапазон (~2,7 ГГц). Применяется только на НОС.

5.6.4 Доля поверхности суши, покрытая растительностью

Определение: доля области суши, на которой имеется растительность — физическая единица измерения: % — единица неопределенности: %.

Метод 1: оптические изображения высокого разрешения — принцип: измерение отраженной солнечной радиации в ВИД/БИК/КВИК-диапазонах спектра на нескольких дискретных каналах относительно узкой полосы пропускания (1–5 %). Возможно гиперспектральное (несколько сотен каналов). Применяется на НОС и потенциально на ГСО.

Метод 2: изображения, полученные с помощью РСА — принцип: измерение МКВ-излучения обратного рассеяния на частотах 1,3; 5 или 11 ГГц с помощью радиолокатора с синтезированной апертурой. Применяется только на НОС.

5.6.5 Тип растительности

Определение: наблюдаемые виды или семейства растительности. Перечень интересующих типов растительности определяется заранее — неопределенность выражается числом определенных типов (классов).

Метод 1: оптические изображения высокого разрешения — принцип: измерение отраженной солнечной радиации в ВИД/БИК/КВИК-диапазонах на нескольких дискретных каналах относительно узкой полосы пропускания (1–5 %). Возможно гиперспектральное (несколько сотен каналов). Применяется на НОС и потенциально на ГСО.

Метод 2: изображения, полученные с помощью РСА — принцип: измерение МКВ-излучения обратного рассеяния на частотах 1,3; 5 или 11 ГГц с помощью радиолокатора с синтезированной апертурой. Применяется только на НОС.

5.6.6 Индекс листовой поверхности

Определение: половина общей предполагаемой относительной доли области с зелеными листьями в листовом пологе растений в пределах заданной области. Индикатор общей биомассы и здоровья растений — физическая единица измерения: % — единица неопределенности: %.

Метод 1: КВ радиометрия — принцип: измерение рассеянного солнечного излучения на каналах ВИД/БИК и особенно КВИК-диапазонов (до 2,4 мкм). Необходимо измерять на нескольких каналах, относительно узкая полоса пропускания (2–3 %). Применяется как на НОС, так и на ГСО.

Метод 2: радиолокационная скаттерометрия — принцип: измерение излучения обратного рассеяния с помощью скаттерометрии на основе среднечастотного радиолокатора (около 5 или 11 ГГц). Коэффициент отражения калиброванного радиолокатора зависит от проводимости поверхности (связана с биомассой). Применяется только на НОС.

Метод 3: оптические изображения высокого разрешения — принцип: измерение отраженной солнечной радиации в ВИД/БИК/КВИК-диапазонах на нескольких дискретных каналах относительно узкой полосы пропускания (1–5 %). Возможно гиперспектральное (несколько сотен каналов). Применяется на НОС и потенциально на ГСО.

5.6.7 **Приведенный разностный индекс растительности**

Определение: разница между максимальной (в БИК-диапазоне) и минимальной (в районе «красной» области спектра) отражающей способностью растительности, приведенная к суммированию. Является репрезентативной величиной для общей биомассы и вспомогательной величиной для расчета индекса листовой поверхности, если он не измеряется напрямую — физическая единица измерения: % — единица неопределенности: %.

Метод 1: ВИД/БИК радиометрия — принцип: измерение рассеянной солнечной радиации в ВИД-диапазоне («красная» область спектра, минимальная отражающая способность от растительного покрова) и БИК-диапазоне (обычно 865 нм, высокая отражательная способность). Применяется как на НОС, так и на ГСО.

Метод 2: оптические изображения высокого разрешения — принцип: измерение рассеянной солнечной радиации в ВИД-диапазоне («красная» область спектра, минимальная отражающая способность от растительного покрова) и БИК-диапазоне (обычно 865 нм, высокая отражательная способность). Применяется как на НОС, так и на ГСО.

5.6.8 **Долевая часть покрова, охваченная пожаром**

Определение: доля области суши, охваченная пожаром — физическая единица измерения: % — единица неопределенности: %.

Метод 1: ВИД/БИК радиометрия — принцип: измерение отраженной солнечной радиации в ВИД/БИК/КВИК-диапазонах или излученной радиации в СВИК/ИК-диапазонах спектра на нескольких дискретных каналах относительно большой полосы пропускания (5–10 %). Долевая часть покрова определяется числом пикселей, классифицированных как «пожар», в заданном массиве пикселей. Применяется как на НОС, так и на ГСО.

Метод 2: оптические изображения высокого разрешения — принцип: измерение отраженной солнечной радиации в ВИД/БИК/КВИК-диапазонах спектра на нескольких дискретных каналах. Целесообразно использовать для оценки нанесенного ущерба после пожара. Высокая разрешающая способность достигается за счет наблюдательного цикла. Применяется только на НОС.

Метод 3: изображения, полученные с помощью РСА — принцип: измерение МКВ излучения обратного рассеяния на частотах 1,3; 5 или 11 ГГц с помощью РСА. Долевая часть покрова определяется числом пикселей, классифицированных как «пожар», в заданном массиве пикселей. Целесообразно использовать для оценки нанесенного ущерба после пожара. Применяется только на НОС.

5.6.9 **Температура пожара**

Определение: температура пожара в пределах области, охваченной пожаром — физическая единица измерения: К — единица неопределенности: К.

Метод 1: ИК радиометрия — принцип: производная от ИК изображений на ряде каналов в «окнах» обзора. СВИК (3,7 мкм) является самым чувствительным диапазоном спектра. Применяется как на НОС, так и на ГСО.

5.6.10 Энергия излучения от пожара

Определение: энергия, излученная пожаром в пределах области его распространения — физическая единица измерения: кВт · м⁻² — единица неопределенности: кВт · м⁻².

Метод 1: ИК радиометрия — принцип: производная от ИК изображений на ряде каналов в «окнах» обзора. СВИК (3,7 мкм) является самым чувствительным диапазоном спектра. Применяется как на НОС, так и на ГСО.

5.6.11 Состояние снега (влажный/сухой)

Определение: двоичная продукция (сухой или тающий снег), выражающая наличие воды в жидкой фазе в слое снега — неопределенность выражена в виде УС и УЛТ при классификации состояния снега как влажного или сухого.

Метод 1: МКВ радиометрия — принцип: измерение излученной или рассеянной МКВ-радиации в атмосферных окнах в диапазоне средних значений высоких частот (таких как 37 ГГц, 90 ГГц). Необходимы многочисленные поляризационные измерения. Поскольку влажный снег можно спутать с почвой, расположенной под этим снегом, необходимо предварительно определять (с помощью маски представления) наличие снега. Применяется только на НОС.

Метод 2: радиолокационные (РСА) изображения — принцип: измерение МКВ излучения обратного рассеяния с помощью радиолокатора с синтезированной апертурой на относительно высоких частотах, таких как ~10 ГГц (Х-диапазон), возможно ~19 ГГц (К-диапазон), поскольку сухой снег имеет тенденцию быть прозрачным для РСА. Лучше использовать для измерений при смене цикла таяния на цикл замерзания и наоборот. Применяется только на НОС.

5.6.12 Снежный покров

Определение: доля наблюдаемой области суши, покрытая снегом — физическая единица измерения: % — единица неопределенности: %.

Метод 1: ВИД/ИК радиометрия — принцип: измерение отраженной солнечной радиации в ВИД/БИК/КВИК-диапазонах или излученной радиации в СВИК/ИК-диапазонах на нескольких дискретных каналах относительно широкой полосы пропускания (5–10 %). Долевая часть покрова определяется числом пикселей, классифицированных как «снег», в заданном массиве пикселей. В качестве альтернативного метода, можно извлечь информацию по данным об уровне пикселя за счет использования «дефектов» яркости, обусловленных смешением в пикселе наличия/отсутствия снега («эффективный снежный покров»). Применяется как на НОС, так и на ГСО.

Метод 2: МКВ радиометрия — принцип: измерение излученной и рассеянной МКВ радиации в атмосферных окнах в среднем диапазоне высоких частот (таких как 37 ГГц, 90 ГГц). Требуется проводить больше поляризационных измерений. Относительная площадь снежного покрова определяется числом пикселей, классифицированных как «снег», в заданном массиве пикселей. Также определяется состояние поверхности снега (сухой или влажный). Применяется только на НОС.

Метод 3: оптические изображения высокого разрешения — принцип: измерение отраженной солнечной радиации в ВИД/БИК/КВИК-диапазонах на нескольких дискретных каналах. Высокая разрешающая способность достигается за счет наблюдательного цикла. Применяется только на НОС.

5.6.13 **Водный эквивалент снега**

Определение: вертикальная глубина слоя воды, которая была бы получена в результате таяния слоя снега. Глубина слоя снега может быть получена из вспомогательной информации о плотности слоя снега — физическая единица измерения: мм — единица неопределенности: мм.

Метод 1: МКВ радиометрия — принцип: измерение излученной и рассеянной МКВ радиации в атмосферных окнах в среднем диапазоне высоких частот (таких как 37 ГГц, 90 ГГц), предпочтительно измерять, потому что для низкочастотного излучения сухой снег прозрачен. Требуется проводить больше поляризационных измерений. Применяется только на НОС.

Метод 2: Радиолокационная скаттерометрия — принцип: измерение МКВ-излучения обратного рассеяния в диапазоне малых значений средних частот (5 ГГц, 13 ГГц). Предпочтительно использовать более высокую частоту для измерений над сухим снегом. Используются многочисленные углы обзора для определения поправки на эффект шероховатости. Применяется только на НОС.

Метод 3: радиолокационные (РСА) изображения — принцип: измерение МКВ-излучения обратного рассеяния с помощью радиолокатора с синтезированной апертурой на относительно высоких частотах (сухой снег прозрачен для РСА). Оптимально использование частоты ~19 ГГц (Ku-диапазон). Более низкие частоты можно использовать для мониторинга изменений методом интерферометрии. Применяется только на НОС.

5.6.14 **Тип почвы**

Определение: наблюдаемый состав или структура почвы (кислотная, щелочная, крупнокомковатая и т. п.). Перечень интересующих типов определяется заранее — неопределенность выражается как число дискриминантных типов (классов).

Метод 1: оптические изображения высокого разрешения — принцип: измерение отраженной солнечной радиации в ВИД/БИК/КВИК-диапазонах наблюдений на нескольких дискретных каналах относительно узкой полосы пропускания (1–5 %). Возможно гиперспектральное (несколько сотен каналов). Применяется на НОС и потенциально на ГСО.

Метод 2: радиолокационные (РСА) изображения — принцип: измерение МКВ-излучения обратного рассеяния на частотах 1,3; 5 или 11 ГГц с помощью радиолокатора с синтезированной апертурой. Применяется только на НОС.

5.6.15 **Почвенно-растительный покров**

Определение: наблюдаемое использование земли (городская застройка, культивируемая почва, пустынные почвы и др.). Перечень интересующих типов использования земли определяется заранее — неопределенность выражается как число определенных типов (классов).

Метод 1: оптические изображения высокого разрешения — принцип: измерение отраженной солнечной радиации в ВИД/БИК/КВИК-диапазонах наблюдений на нескольких

дискретных каналах относительно узкой полосы пропускания (1–5 %). Возможно гиперспектральное (несколько сотен каналов). Применяется на НОС и потенциально на ГСО.

Метод 2: радиолокационные (РСА) изображения — принцип: измерение МКВ-излучения обратного рассеяния на частотах 1,3; 5 или 11 ГГц с помощью радиолокатора с синтезированной апертурой. Применяется только на НОС.

5.6.16 **Топография поверхности суши**

Определение: карта высот поверхности суши — физическая единица измерения: м — единица неопределенности: м.

Метод 1: ВИД стереоскопия высокого разрешения — принцип: измерение отраженной солнечной радиации в ВИД-диапазоне на одном или более каналах относительно узкой полосы пропускания (1–5 %), по крайней мере, с двух направлений обзора, обычно с последовательно расположенных орбит, для того чтобы получить эффект стереоскопии. Применяется только на НОС.

Метод 2: радиолокационная (РСА) интерферометрия — принцип: измерение МКВ-излучения обратного рассеяния на частотах 1,3; 5 или 11 ГГц с помощью радиолокатора с синтезированной апертурой. Интерферометрия между изображениями с последовательных орбитальных проходов спутника над районом. Применяется только на НОС.

Метод 3: радиолокационная альтиметрия — принцип: измерение излучения обратного рассеяния от поверхности суши с помощью среднечастотного радиолокатора (предпочтительно использовать двойную частоту, 13 ГГц и 3 ГГц или 5 ГГц). Необходимо использовать пассивную МКВ радиометрию на ассоциированных двух или трех каналах (23 ГГц и 37 ГГц и/или 19 ГГц) для получения поправки на путь луча в тропосфере с учетом водяного пара и обусловленного ионосферой завихрения. Для получения приемлемой разрешающей способности необходима обработка сигнала в направлении движения РСА. Только в режиме наблюдений в надир. Применяется только на НОС.

Метод 4: лидарная альтиметрия — принцип: измерение ВИД/БИК-излучения обратного рассеяния с помощью лидара. Предпочтительно использовать две длины волны, такие как 532 и 1 064 нм. Применяется только на НОС.

5.6.17 **Ледниковый покров**

Определение: доля области суши, покрытая длительно существующим льдом — физическая единица измерения: % — единица неопределенности: %.

Метод 1: ВИД стереоскопия высокого разрешения — принцип: измерение отраженной солнечной радиации в ВИД/БИК/КВИК-диапазонах спектра на нескольких дискретных каналах относительно узкой полосы пропускания (1–5 %). Применяется на НОС и потенциально на ГСО.

Метод 2: радиолокационные (РСА) изображения — принцип: измерение МКВ-излучения обратного рассеяния на частотах 1,3; 5 или 11 ГГц с помощью радиолокатора с синтезированной апертурой. Интерферометрия используется для обнаружения изменений. Применяется только на НОС.

5.6.18 **Топография ледников**

Определение: карта высот поверхности ледника — физическая единица измерения: см — единица неопределенности: см.

Метод 1: радиолокационная (РСА) интерферометрия — принцип: измерение МКВ-излучения обратного рассеяния на частотах 1,3; 5 или 11 ГГц с помощью радиолокатора с синтезированной апертурой. Интерферометрия между изображениями с последовательных орбитальных проходов спутника над районом. Применяется только на НОС.

5.7 ТВЕРДАЯ ОБОЛОЧКА ЗЕМЛИ

Этот тематический раздел состоит из переменных, характеризующих твердую оболочку Земли. В таблице 5.6 перечислены переменные, наблюдаемые из космоса.

Таблица 5.6. Геофизические переменные, рассматриваемые в тематическом разделе «Твердая оболочка Земли»

Геоид	Определение местоположения плит земной коры	Движение земной коры (горизонтальное и вертикальное)	Гравитационное поле	Гравитационные градиенты
-------	---	--	---------------------	--------------------------

5.7.1 Геоид

Определение: уровенная поверхность потенциала силы тяжести (поверхность геоида), которая точно совпала бы с осредненной поверхностью океана Земли, если бы океаны были в равновесии, в состоянии покоя и простирались бы через континенты (так чтобы между ними были очень узкие каналы) — физическая единица измерения: см — единица неопределенности: см.

Метод 1: радиолокационная альтиметрия — принцип: измерение излучения обратного рассеяния от поверхности моря с помощью среднечастотного радиолокатора (предпочтительно использовать двойную частоту, 13 ГГц и 3 ГГц или 5 ГГц). Необходимо использовать пассивную МКВ радиометрию на ассоциированных двух или трех каналах (23 ГГц и 37 ГГц и/или 19 ГГц) для получения поправки на путь луча в тропосфере с учетом водяного пара и обусловленного ионосферой завихрения. Необходимо обеспечить очень стабильные орбиты (относительно большая высота, наклонение орбиты 50°–70° и точно повторяемый цикл). Проводится многоорбитальный анализ, позволяющий отфильтровать кратковременные возмущения от волн, океанских течений и приливов/отливов. Применяется только на НОС.

Метод 2: наблюдение гравитационного поля — принцип: измерение гравитационного поля на высоте орбиты спутника датчиками ускорения, градиометрами, отслеживанием спутника с другого спутника (спаренными спутниками или спутниками ГСОМ). Используются низкоорбитальные спутники, меняющие орбиту во время выполнения задачи полета. Применяется только на НОС.

5.7.2 Определение местоположения плит земной коры

Определение: основа мониторинга эволюции динамики литосферы — физическая единица измерения: см — единица неопределенности: см.

Метод 1: лазерное измерение дальности — принцип: точное измерение расстояние между спутником и землей с помощью наведения на спутник наземного лазера, принимающего свет, отраженный зеркалами из уголков куба, которыми покрыта поверхность спутника. Глобальная сеть позволяет обеспечивать как прецизионную орбитографию, так и определение положения плит земной коры, а также поддерживает станции лазерного измерения дальности. Применяется только на НОС.

Метод 2: приемник ГСОН — принцип: статистический анализ местоположения приемника ГСОН наземного базирования, локализованного с помощью группировки навигационных спутников (ГСОН, ГЛОНАСС, Компасс, Галилео). Применяется только на НОС.

5.7.3 Движение земной коры (горизонтальное и вертикальное)

Определение: изменения в динамике по времени местоположения плит Земли. Свидетельствует о динамике литосферы, поэтому может использоваться для предсказания землетрясения — физическая единица измерения: мм/год — единица неопределенности: мм/год.

Метод 1: лазерное измерение дальности — принцип: анализ изменений местоположения плит земной коры, точно измеренного по расстоянию между спутником и землей с помощью наведения на спутник наземного лазера, принимающего свет, отраженный зеркалами из уголков куба, которыми покрыта поверхность спутника. Глобальная сеть лазерного измерения дальности позволяет проводить такой анализ. Применяется только на НОС.

Метод 2: приемник ГСОН — принцип: анализ изменения местоположения плиты земной коры, точно измеренного приемниками ГСОН наземного базирования, локализованными с помощью группировки навигационных спутников (ГСОН, ГЛОНАСС, Компасс, Галилео). Применяется только на НОС.

5.7.4 Гравитационное поле

Определение: трехмерное поле, фактически измеренное в естественных условиях на высоте орбиты спутника. Свидетельствует о статике и динамике литосферы и мантии Земли — физическая единица измерения: мГал (1 Гал = 0,01 м/с², т. е. 1 мГал $\approx 10^{-6} g_0$. «Гал» означает Галилео) — единица неопределенности: мГал.

Метод 1: градиентометрия — принцип: измерения с помощью соответствующей сети датчиков ускорения, чувствительных к аномалиям гравитационного поля, пересекаемого спутником во время его движения по орбите. Применяется только на НОС.

Метод 2: отслеживание спутника с другого спутника — принцип: непрерывный мониторинг расстояния между спутниками, расположенными на скоординированных орбитах, с помощью, например, радиолокатора К-диапазона или лидара. Применяется только на НОС.

5.7.5 Гравитационные градиенты

Определение: трехмерное поле, фактически измеренное в естественных условиях на высоте орбиты спутника. Свидетельствует о мельчайших нюансах статике и динамике литосферы и мантии Земли — физическая единица измерения: Э, Этвеш (1 Э = 1 мГал/10 км) — единица неопределенности: Э.

Метод 1: градиентометрия — принцип: измерения с помощью соответствующей сети датчиков ускорения, чувствительных к аномалиям гравитационного поля, пересекаемого спутником во время его движения по орбите. Применяется только на НОС.

Метод 2: отслеживание спутника с другого спутника — принцип: непрерывный мониторинг расстояния между спутниками, расположенными на скоординированных орбитах, с помощью, например, радиолокатора К-диапазона или лидара. Применяется только на НОС.

5.8 ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ АТМОСФЕРЫ

В этом тематическом разделе рассматриваются вещества, оказывающие воздействие на цикл озона, и/или провоцирующие парниковый эффект и/или влияющие на качество воздуха. В таблице 5.7 перечислены вещества, наблюдаемые из космоса и пока являющиеся предметом регулирования.

Таблица 5.7. Геофизические переменные, рассматриваемые в тематическом разделе «Химический состав атмосферы»

O ₃	C ₂ H ₂	CFC-11	CH ₂ O	ClO	CO	COS	HCl	HNO ₃	N ₂ O ₅	NO ₂	Пероксиацетил- нитрат	SF ₆
BrO	C ₂ H ₆	CFC-12	CH ₄	ClONO ₂	CO ₂	H ₂ O	HDO	N ₂ O	NO	ОН	Явление полярного стратосферного облака	SO ₂

5.8.1 Озон (O₃)

Определение: трехмерное поле мольной доли O₃ в сухом воздухе. Требуется измерение от поверхности до ВГА (слои атмосферы: НТ, ВТ, НС, ВС и М) + весь атмосферный столб — физическая единица измерения: нмоль/моль для слоев, (Д.Е.) Единица Добсона, для всего атмосферного столба (1 Д.Е. = $2,69 \cdot 10^{20}$ молекул/м²) — единица неопределенности: нмоль/моль для слоев, Д.Е. для всего атмосферного столба.

Метод 1: КВ спектроскопия (надирная) — принцип: измеряется рассеянная радиация в УФ- и ВИД-диапазонах с высокой спектральной разрешающей способностью в нескольких полосах спектра при наблюдениях с помощью надирных спектрометров. Применяется как на НОС, так и на ГСО.

Метод 2: ИК спектроскопия (надирная) — принцип: измеряется излученная радиация в ТИК-диапазоне (~9,7 мкв) со средневысокой спектральной разрешающей способностью при наблюдениях с помощью надирных спектрометров. Применяется как на НОС, так и на ГСО.

Метод 3: КВ спектроскопия (лимбовая) — принцип: измеряется рассеянная радиация в УФ- и ВИД-диапазонах при наблюдениях в лимбовом режиме с высокой спектральной разрешающей способностью. Используются также отсутствующие линии из спектра Солнца, Луны или звезд в течение затмения. Применяется только на НОС.

Метод 4: ИК спектроскопия (лимбовая) — принцип: измеряется излученная радиация в ТИК-диапазоне (~9,7 мкм) с высокой спектральной разрешающей способностью при наблюдениях с помощью спектрометров в режиме лимбового зондирования. Применяется только на НОС.

Метод 5: МКВ/субмиллиметровая спектроскопия (лимбовая) — принцип: измеряется излученная радиация в МКВ/субмиллиметровом (таких как ~240, 300 и 500 ГГц) диапазонах с высокой спектральной разрешающей способностью при наблюдениях с помощью спектрометров в режиме лимбового зондирования. Применяется только на НОС.

Метод 6: ЛДП (лидар дифференциального поглощения) — принцип: измеряется излучение обратного рассеяния в УФ- или ВИД- или ТИК-диапазонах полосы поглощения озона и боковом окне с помощью лидара дифференциального поглощения (ЛДП). Применяется только на НОС.

5.8.2 Моноксид брома (BrO)

Определение: трехпольное поле мольной доли BrO в сухом воздухе. Требуется измерение от поверхности до ВГА (слои атмосферы: НТ, ВТ, НС, ВС и М) — физическая единица измерения: нмоль/моль — единица неопределенности: нмоль/моль.

Метод 1: УФ спектроскопия (надирная) — принцип: измеряется рассеянная радиация в УФ-диапазоне с высокой спектральной разрешающей способностью в районе 300 нм при наблюдениях с помощью спектрометров надирного зондирования. Применяется как на НОС, так и на ГСО.

Метод 2: УФ спектроскопия (лимбовая) — принцип: измеряется рассеянная радиация в УФ-диапазоне (в районе 300 нм) с высокой спектральной разрешающей способностью при наблюдении в режиме лимбового зондирования. Используются также отсутствующие линии из спектра Солнца, Луны или звезд в течение затмения. Применяется только на НОС.

Метод 3: МКВ/субмиллиметровая спектроскопия (лимбовая) — принцип: измеряется излученная радиация в МКВ/субмиллиметровом (таком как ~640 ГГц) диапазоне с высокой спектральной разрешающей способностью при наблюдениях с помощью спектрометров в режиме лимбового зондирования. Применяется только на НОС.

5.8.3 Ацетилен (C_2H_2)

Определение: трехпольное поле мольной доли C_2H_2 в сухом воздухе. Требуется измерение в тропосфере (слои атмосферы: НТ, ВТ) — физическая единица измерения: нмоль/моль — единица неопределенности: нмоль/моль.

Метод 1: ТИК спектроскопия (надирная) — принцип: измеряется излученная радиация в ТИК-диапазоне (~7,5 и 13,7 мкм) с высокой спектральной разрешающей способностью при наблюдениях с помощью спектрометров в режиме надирного зондирования. Применяется как на НОС, так и на ГСО.

5.8.4 Этан (C_2H_6)

Определение: трехмерное поле мольной доли C_2H_6 в сухом воздухе. Требуется измерение в тропосфере (слои атмосферы: НТ, ВТ) — физическая единица измерения: нмоль/моль — единица неопределенности: нмоль/моль.

Метод 1: ТИК спектроскопия (надирная) — принцип: измеряется излученная радиация в ТИК-диапазоне (~3,3 и 12 мкм) с высокой спектральной разрешающей способностью при наблюдениях с помощью спектрометров в режиме надирного зондирования. Применяется как на НОС, так и на ГСО.

5.8.5 Трихлорфторметан (CFC-11 = Фреон-11)

Определение: трехмерное поле мольной доли CFC-11 в сухом воздухе. Требуется измерение от поверхности до ВГА (слои атмосферы: НТ, ВТ, НС, ВС и М) — физическая единица измерения: нмоль/моль — единица неопределенности: нмоль/моль.

Метод 1: ТИК спектроскопия (надирная) — принцип: измеряется излученная радиация в ТИК-диапазоне (~9,2 и 11,7 мкм) со средневысокой спектральной разрешающей способностью при наблюдении с помощью спектрометров в режиме надирного зондирования. Применяется как на НОС, так и на ГСО.

Метод 2: ТИК спектроскопия (лимбовая) — принцип: измеряется излученная радиация в ТИК-диапазоне (~9,2 и 11,7 мкм) со средневысокой спектральной разрешающей способностью при наблюдениях с помощью спектрометров в режиме лимбового зондирования. Применяется только на НОС.

5.8.6 Дихлорфторметан (CFC-12 = Фреон-12)

Определение: трехмерное поле мольной доли CFC-12 в сухом воздухе. Требуется измерение от поверхности до ВГА (слои атмосферы: НТ, ВТ, НС, ВС и М) — физическая единица измерения: нмоль/моль — единица неопределенности: нмоль/моль.

Метод 1: ТИК спектроскопия (надирная) — принцип: измеряется излученная радиация в ТИК-диапазоне (~8,8 и 10,8 мкм) со средневысокой спектральной разрешающей способностью при наблюдениях с помощью спектрометров в режиме надирного зондирования. Применяется как на НОС, так и на ГСО.

Метод 2: ТИК спектроскопия (лимбовая) — принцип: измеряется излученная радиация в ТИК-диапазоне (~8,8 и 10,8 мкм) со средневысокой спектральной разрешающей способностью при наблюдении с помощью спектрометров в режиме лимбового зондирования. Применяется только на НОС.

5.8.7 Формальдегид (CH₂O = HCHO)

Определение: трехмерное поле мольной доли CH₂O в сухом воздухе. Требуется измерение в тропосфере (слои атмосферы: НТ, ВТ) + весь атмосферный столб — физическая единица измерения: нмоль/моль для слоев, единицы $1,3 \cdot 10^{15}$ молекул/м² для всего столба — единица неопределенности: нмоль/моль для слоев; $1,3 \cdot 10^{15}$ молекул/м² для всего столба.

Метод 1: УФ спектроскопия (надирная) — принцип: измеряется рассеянная радиация в УФ-(~300 нм) диапазоне с высокой спектральной разрешающей способностью при наблюдении с помощью спектрометров в режиме надирного зондирования. Применяется как на НОС, так и на ГСО.

5.8.8 Метан (CH₄)

Определение: трехмерное поле мольной доли CH₄ в сухом воздухе. Требуется измерение от поверхности до ВГА (слои атмосферы: НТ, ВТ, НС, ВС и М) + весь атмосферный столб — физическая единица измерения: нмоль/моль для слоев, единицы $1,3 \cdot 10^{15}$ молекул/м² для всего атмосферного столба — единица неопределенности: нмоль/моль для слоев; $1,3 \cdot 10^{15}$ молекул/м² для всего атмосферного столба.

Метод 1: КВИК спектроскопия (надирная) — принцип: измеряется рассеянная радиация в КВИК-диапазоне (~2,3 мкм) с высокой спектральной разрешающей способностью при наблюдениях с помощью спектрометров в режиме надирного зондирования. Применяется как на НОС, так и на ГСО.

Метод 2: ТИК спектроскопия (надирная) — принцип: измеряется излученная радиация в ТИК-диапазоне (~3,4, 4,3 и 7,7 мкм) со средневысокой спектральной разрешающей способностью при наблюдениях с помощью спектрометров в режиме надирного зондирования. Применяется как на НОС, так и на ГСО.

Метод 3: КВИК спектроскопия (лимбовая) — принцип: измеряется рассеянная радиация в КВИК-диапазоне (~2,3 мкм) с высокой спектральной разрешающей способностью при наблюдениях с помощью спектрометров в режиме лимбового зондирования. Применяется только на НОС.

Метод 4: ТИК спектроскопия (лимбовая) — принцип: измеряется излученная радиация в ТИК-диапазоне (~3,4, 4,3 и 7,7 мкм) со средневысокой спектральной разрешающей способностью при наблюдениях с помощью спектрометров в режиме лимбового зондирования. Применяется только на НОС.

5.8.9 Окись хлора (ClO = Гипохлорит)

Определение: трехмерное поле мольной доли ClO в сухом воздухе. Требуется измерение от поверхности до ВГА (слои атмосферы: НТ, ВТ, НС, ВС и М) — физическая единица измерения: нмоль/моль — единица неопределенности: нмоль/моль.

Метод 1: УФ спектроскопия (надирная) — принцип: измеряется рассеянная радиация в УФ-диапазоне с высокой спектральной разрешающей способностью в районе 300 нм при наблюдениях с помощью спектрометров в режиме надирного зондирования. Применяется как на НОС, так и на ГСО.

Метод 2: УФ спектроскопия (лимбовая) — принцип: измеряется рассеянная радиация в УФ-диапазоне (около 300 нм) с высокой спектральной разрешающей способностью при наблюдениях с помощью спектрометров в режиме лимбового зондирования. Используются также отсутствующие линии из спектра Солнца, Луны или звезд в течение затмения. Применяется только на НОС.

Метод 3: МКВ/субмиллиметровая спектроскопия (лимбовая) — принцип: измеряется испускаемая радиация в МКВ/субмиллиметровом диапазоне (в таком как ~640 ГГц) с высокой спектральной разрешающей способностью при наблюдениях с помощью спектрометров в режиме лимбового зондирования. Применяется только на НОС.

5.8.10 Нитрат хлора (ClONO_2)

Определение: трехмерное поле мольной доли ClONO_2 в сухом воздухе. Требуется измерение от середины тропосферы до ВГА (слои атмосферы: ВТ, НС, ВС и М) — физическая единица измерения: нмоль/моль — единица неопределенности: нмоль/моль.

Метод 1: ТИК спектроскопия (надирная) — принцип: измеряется испускаемая радиация в ТИК-диапазоне (~5,7, 7,7 и 12,5 мкм) с высокой спектральной разрешающей способностью при наблюдениях с помощью спектрометров в режиме надирного зондирования. Применяется как на НОС, так и на ГСО.

Метод 2: ТИК спектроскопия (лимбовая) — принцип: измеряется испускаемая радиация в ТИК-диапазоне (~5,7, 7,7 и 12,5 мкм) с высокой спектральной разрешающей способностью при наблюдениях с помощью спектрометров в режиме лимбового зондирования. Применяется только на НОС.

5.8.11 Окись углерода (CO)

Определение: трехмерное поле мольной доли CO в сухом воздухе. Требуется измерение от поверхности до нижних слоев стратосферы (слои атмосферы: НТ, ВТ, НС) + весь атмосферный столб — физическая единица измерения: нмоль/моль для слоев, единицы $1,3 \cdot 10^{15}$ молекул/см² для всего атмосферного столба — единица неопределенности: нмоль/моль для слоев; $1,3 \cdot 10^{15}$ молекул/см² для всего атмосферного столба.

Метод 1: КВИК спектроскопия (надирная) — принцип: измеряется рассеянная радиация в КВИК-диапазоне (~2,3 мкм) с высокой спектральной разрешающей способностью при наблюдениях с помощью спектрометров в режиме надирного зондирования. Применяется как на НОС, так и на ГСО.

Метод 2: ТИК спектроскопия (надирная) — принцип: измеряется излученная радиация в ТИК-диапазоне (~4,6 мкм) со средневысокой спектральной разрешающей способностью при наблюдении с помощью спектрометров в режиме надирного зондирования. Применяется как на НОС, так и на ГСО.

Метод 3: КВИК спектроскопия (лимбовая) — принцип: измеряется рассеянная радиация в КВИК-диапазоне (~2,3 мкм) с высокой спектральной разрешающей способностью при наблюдениях с помощью спектрометров в режиме лимбового зондирования. Применяется только на НОС.

Метод 4: ТИК спектроскопия (лимбовая) — принцип: измеряется испускаемая радиация в ТИК-диапазоне (~4,6 мкм) со средневысокой спектральной разрешающей способностью при наблюдениях с помощью спектрометров в режиме лимбового зондирования. Применяется только на НОС.

5.8.12 **Двуокись углерода (CO₂)**

Определение: трехмерное поле мольной доли CO₂ в сухом воздухе. Требуется измерение от поверхности до ВГА (слои атмосферы: НТ, ВТ, НС, ВС и М) + весь атмосферный столб — физическая единица измерения: нмоль/моль для слоев, единицы $1,3 \cdot 10^{15}$ молекул/см² для всего атмосферного столба — единица неопределенности: нмоль/моль для слоев; $1,3 \cdot 10^{15}$ молекул/см² для всего атмосферного столба.

Метод 1: КВИК спектроскопия (надирная) — принцип: измеряется рассеянная радиация в КВИК-диапазоне (~1,6 и 2,1 мкм) с высокой спектральной разрешающей способностью при наблюдении с помощью спектрометров в режиме надирного зондирования. Применяется как на НОС, так и на ГСО.

Метод 2: ТИК спектроскопия (надирная) — принцип: измеряется излученная радиация в ТИК-диапазоне (~4,3 и 15 мкм) со средневысокой спектральной разрешающей способностью при наблюдениях с помощью спектрометров в режиме надирного зондирования. Применяется как на НОС, так и на ГСО.

Метод 3: КВИК спектроскопия (лимбовая) — принцип: измеряется рассеянная радиация в КВИК-диапазоне (~1,6 и 2,1 мкм) с высокой спектральной разрешающей способностью при наблюдениях с помощью спектрометров в режиме лимбового зондирования. Используются также отсутствующие линии из спектра Солнца, Луны или звезд в течение затмения. Применяется только на НОС.

Метод 4: ТИК спектроскопия (лимбовая) — принцип: измеряется испускаемая радиация в ТИК-диапазоне (~4,3 и 15 мкм) с высокой спектральной разрешающей способностью при наблюдении с помощью спектрометров в режиме лимбового зондирования. Применяется только на НОС.

Метод 5: ЛДП — принцип: измеряется излучение обратного рассеяния в диапазоне полосы поглощения CO₂ и боковом окне с помощью лидара дифференциального поглощения. Имеется несколько полос, в районе 1,6 и 2,0 мкм, к примеру. На практике выполняется только для всего атмосферного столба. Для достижения требуемой неопределенности (~0,3 %) необходимо проводить интегрирование над обширным районом наблюдений и в течение длительного времени наблюдений. Применяется только на НОС.

5.8.13 **Сероксид углерода (COS)**

Определение: трехмерное поле мольной доли COS в сухом воздухе. Требуется измерение от поверхности до нижних слоев стратосферы (слои атмосферы: НТ, ВТ, НС) — физическая единица измерения: нмоль/моль — единица неопределенности: нмоль/моль.

Метод 1: ТИК спектроскопия (надирная) — принцип: измеряется излученная радиация в ТИК-диапазоне (~4,8 и 11,6 мкм) с высокой спектральной разрешающей способностью при наблюдениях с помощью спектрометров в режиме надирного зондирования. Применяется как на НОС, так и на ГСО.

Метод 2: ТИК спектроскопия (лимбовая) — принцип: измеряется излученная радиация в ТИК-диапазоне (~4,8 и 11,6 мкм) с высокой спектральной разрешающей способностью при наблюдениях с помощью спектрометров в режиме лимбового зондирования. Применяется только на НОС.

5.8.14 Водяной пар (H₂O)

Определение: трехмерное поле мольной доли H₂O в сухом воздухе (рассматривается как химическое вещество, значимое для химического состава атмосферы). Требуется измерение от поверхности до ВГА (слои атмосферы: НТ, ВТ, НС, ВС и М) — физическая единица измерения: нмоль/моль — единица неопределенности: нмоль/моль.

Метод 1: КВ спектроскопия (надирная) — принцип: измеряется рассеянная радиация в ВИД-, БИК- и КВИК-диапазонах с высокой спектральной разрешающей способностью в нескольких полосах спектра при наблюдениях с помощью спектрометров в режиме надирного зондирования. Применяется как на НОС, так и на ГСО.

Метод 2: ИК спектроскопия (надирная) — принцип: измеряется излученная радиация в ТИК-диапазоне (~6,3 мкм) со средневысокой спектральной разрешающей способностью при наблюдениях с помощью спектрометров в режиме надирного зондирования. Применяется как на НОС, так и на ГСО.

Метод 3: спектроскопия в дальнем инфракрасном диапазоне (надирная) — принцип: измеряется излученная радиация в ДИК-диапазоне (~18 мкм) со средневысокой спектральной разрешающей способностью при наблюдениях с помощью спектрометров в режиме надирного зондирования. Применяется как на НОС, так и на ГСО.

Метод 4: радиозатменные измерения с помощью ГНСС — принцип: измерение рефракции в атмосфере сигналов частот L-диапазона от ГНСС, принимаемых спутниками НОС во время фазы затмения. Применяется только на НОС.

Метод 5: КВ спектроскопия (лимбовая) — принцип: измеряется рассеянная радиация в ВИД-, БИК- и КВИК-диапазонах при наблюдениях в лимбовом режиме с высокой спектральной разрешающей способностью. Используются также отсутствующие линии из спектра Солнца, Луны или звезд в течение затмения. Применяется только на НОС.

Метод 6: ИК спектроскопия (лимбовая) — принцип: измеряется испускаемая радиация в ТИК-диапазоне (~6,3 мкм) с высокой спектральной разрешающей способностью при наблюдениях с помощью спектрометров в режиме лимбового зондирования. Применяется только на НОС.

Метод 7: МКВ/субмиллиметровая спектроскопия (лимбовая) — принцип: измеряется испускаемая радиация в нескольких полосах МКВ/субмиллиметрового диапазона с высокой спектральной разрешающей способностью при наблюдениях с помощью спектрометров в режиме лимбового зондирования. Применяется только на НОС.

Метод 8: ЛДП — принцип: измеряется излучение обратного рассеяния в УФ-, ВИД- или ТИК-диапазонах полосы поглощения и боковом окне с помощью лидара дифференциального поглощения. Применяется только на НОС.

5.8.15 Хлороводород (HCl)

Определение: трехмерное поле мольной доли HCl в сухом воздухе. Требуется измерение от середины тропосферы до ВГА (слои атмосферы: ВТ, НС, ВС и М) — физическая единица измерения: нмоль/моль — единица неопределенности: нмоль/моль.

Метод 1: МВ/субмиллиметровая спектроскопия (лимбовая) — принцип: измеряется излученная радиация в МКВ/субмиллиметровом диапазоне (таком как ~625 ГГц) с высокой спектральной разрешающей способностью при наблюдениях с помощью спектрометров в режиме лимбового зондирования. Применяется только на НОС.

5.8.16 HDO (полутяжелая вода)

Определение: трехмерное поле мольной доли HDO = водяной пар (с одним атомом водорода, замещенным его изотопом дейтерием) в сухом воздухе. Требуется измерение от нижнего слоя стратосферы до ВГА (слои атмосферы: НС, ВС и М) — физическая единица измерения: нмоль/моль — единица неопределенности: нмоль/моль.

Метод 1: МКВ/субмиллиметровая спектроскопия (лимбовая) — принцип: измеряется излученная радиация в МКВ/субмиллиметровом диапазоне (таком как ~1 000 ГГц) с высокой спектральной разрешающей способностью при наблюдениях с помощью спектрометров в режиме лимбового зондирования. Применяется только на НОС.

5.8.17 Азотная кислота (HNO₃)

Определение: трехмерное поле мольной доли HNO₃ в сухом воздухе. Требуется измерение от поверхности до ВГА (слои атмосферы: НТ, ВТ, НС, ВС и М) + весь атмосферный столб — физическая единица измерения: нмоль/моль для слоев, единицы $1,3 \cdot 10^{15}$ молекул/см² для всего атмосферного столба — единица неопределенности: нмоль/моль для слоев; $1,3 \cdot 10^{15}$ молекул/см² для всего атмосферного столба.

Метод 1: ИК спектроскопия (надирная) — принцип: измеряется радиация излучения в ТИК-диапазоне (~5,9, 7,6 и 11,3 мкм) с высокой спектральной разрешающей способностью при наблюдениях с помощью спектрометров в режиме надирного зондирования. Применяется как на НОС, так и на ГСО.

Метод 2: ИК спектроскопия (лимбовая) — принцип: измеряется радиация излучения в ТИК-диапазоне (~5,9, 7,6 и 11,3 мкм) с высокой спектральной разрешающей способностью при наблюдениях с помощью спектрометров в режиме лимбового зондирования. Применяется только на НОС.

Метод 3: МКВ/субмиллиметровая спектроскопия (лимбовая) — принцип: измеряется излученная радиация в МКВ/субмиллиметровом диапазоне (таком как ~345 ГГц) с высокой спектральной разрешающей способностью при наблюдениях с помощью спектрометров в режиме лимбового зондирования. Применяется только на НОС.

5.8.18 Закись азота (N₂O)

Определение: трехмерное поле мольной доли N₂O в сухом воздухе. Требуется измерение от поверхности до ВГА (слои атмосферы: НТ, ВТ, НС, ВС и М) — физическая единица измерения: нмоль/моль — единица неопределенности: нмоль/моль.

Метод 1: КВИК спектроскопия (надирная) — принцип: измеряется рассеянная радиация в КВИК-диапазоне (~2,3 мкм) с высокой спектральной разрешающей способностью при наблюдениях с помощью спектрометров в режиме надирного зондирования. Применяется как на НОС, так и на ГСО.

Метод 2: ТИК спектроскопия (надирная) — принцип: измеряется радиация излучения в ТИК-диапазоне (~4,5 и 7,7 мкм) со средневысокой спектральной разрешающей способностью при наблюдениях с помощью спектрометров в режиме надирного зондирования. Применяется как на НОС, так и на ГСО.

Метод 3: КВИК спектроскопия (лимбовая) — принцип: измеряется рассеянная радиация в КВИК-диапазоне (~2,3 мкм) с высокой спектральной разрешающей способностью при наблюдениях с помощью спектрометров в режиме лимбового зондирования. Используются также отсутствующие линии из спектра Солнца, Луны или звезд в течение затмения. Применяется только на НОС.

Метод 4: ТИК спектроскопия (лимбовая) — принцип: измеряется излученная радиация в ТИК-диапазоне (~4,5 и 7,7 мкм) с высокой спектральной разрешающей способностью при наблюдениях с помощью спектрометров в режиме лимбового зондирования. Применяется только на НОС.

Метод 5: МКВ/субмиллиметровая спектроскопия (лимбовая) — принцип: измеряется радиация излучения в МКВ/субмиллиметровом диапазонах (таких как ~300 и 500 ГГц) с высокой спектральной разрешающей способностью при наблюдениях с помощью спектрометров в режиме лимбового зондирования. Применяется только на НОС.

5.8.19 Азотный ангидрид (N_2O_5)

Определение: трехмерное поле мольной доли N_2O_5 в сухом воздухе. Требуется измерение в тропосфере (слои атмосферы: НТ, ВТ) — физическая единица измерения: нмоль/моль — единица неопределенности: [нмоль/моль].

Метод 1: ТИК спектроскопия (надирная) — принцип: измеряется радиация излучения в ТИК-диапазоне (~5,8 и 8,0 мкм) с высокой спектральной разрешающей способностью при наблюдениях с помощью спектрометров в режиме надирного зондирования. Применяется как на НОС, так и на ГСО.

5.8.20 Окись азота (NO)

Определение: трехмерное поле мольной доли NO в сухом воздухе. Требуется измерение от поверхности до ВГА (слои атмосферы: НТ, ВТ, НС, ВС и М) — физическая единица измерения: нмоль/моль — единица неопределенности: нмоль/моль.

Метод 1: КВ спектроскопия (надирная) — принцип: измеряется рассеянная радиация в УФ-диапазоне (~250 нм) с высокой спектральной разрешающей способностью при наблюдениях с помощью спектрометров в режиме надирного зондирования. Применяется как на НОС, так и на ГСО.

Метод 2: ИК спектроскопия (надирная) — принцип: измеряется радиация излучения в ТИК-диапазоне (~5,3 мкм) с высокой спектральной разрешающей способностью при наблюдениях с помощью спектрометров в режиме надирного зондирования. Применяется как на НОС, так и на ГСО.

Метод 3: КВ спектроскопия (лимбовая) — принцип: измеряется рассеянная радиация в УФ-диапазоне (~250 нм) при наблюдении в лимбовом режиме с высокой спектральной разрешающей способностью. Используются также отсутствующие линии из спектра Солнца, Луны или звезд в течение затмения. Применяется только на НОС.

Метод 4: ИК спектроскопия (лимбовая) — принцип: измеряется радиация излучения в ТИК-диапазоне (~5,3 мкм) с высокой спектральной разрешающей способностью при наблюдениях с помощью спектрометров в режиме лимбового зондирования. Применяется только на НОС.

5.8.21 Двуокись азота (NO_2)

Определение: трехмерное поле мольной доли NO_2 в сухом воздухе. Требуется измерение от поверхности до ВГА (слои атмосферы: НТ, ВТ, НС, ВС и М) + весь атмосферный столб — физическая единица измерения: нмоль/моль для слоев, единицы $1,3 \cdot 10^{15}$ молекул/см² для всего атмосферного столба — единица неопределенности: нмоль/моль для слоев; $1,3 \cdot 10^{15}$ молекул/см² для всего столба.

Метод 1: КВ спектроскопия (надирная) — принцип: измеряется рассеянная радиация в нескольких полосах УФ- и ВИД-диапазонов с высокой спектральной разрешающей способностью при наблюдениях с помощью спектрометров в режиме надирного зондирования. Применяется как на НОС, так и на ГСО.

Метод 2: ИК спектроскопия (надирная) — принцип: измеряется радиация излучения в ТИК-диапазоне (~6,1 мкм) с высокой спектральной разрешающей способностью при наблюдениях с помощью спектрометров в режиме надирного зондирования. Применяется как на НОС, так и на ГСО.

Метод 3: КВ спектроскопия (лимбовая) — принцип: измеряется рассеянная радиация в УФ- и ВИД-диапазонах при наблюдении в лимбовом режиме с высокой спектральной разрешающей способностью. Используются также отсутствующие линии из спектра Солнца, Луны или звезд в течение затмения. Применяется только на НОС.

Метод 4: ИК спектроскопия (лимбовая) — принцип: измеряется радиация излучения в ТИК-диапазоне (~6,1 мкм) с высокой спектральной разрешающей способностью при наблюдениях с помощью спектрометров в режиме лимбового зондирования. Применяется только на НОС.

5.8.22 Гидроксильный радикал (ОН)

Определение: трехмерное поле мольной доли ОН в сухом воздухе. Требуется измерение от поверхности до ВГА (слои атмосферы: НТ, ВТ, НС, ВС и М) — физическая единица измерения: нмоль/моль — единица неопределенности: нмоль/моль.

Метод 1: МКВ/субмиллиметровая спектроскопия (лимбовая) — принцип: измеряется радиация излучения в МКВ/субмиллиметровом диапазонах (~2 500 ГГц) с высокой спектральной разрешающей способностью при наблюдениях с помощью спектрометров в режиме лимбового зондирования. Применяется только на НОС.

Метод 2: спектроскопия в диапазоне дальней части ИК-спектра (лимбовая) — принцип: измеряется излученная радиация в ДИК-диапазоне (несколько линий спектра в диапазоне 28–182 мкм, лучше всего ~84 мкм) с высокой спектральной разрешающей способностью при наблюдениях с помощью спектрометров в режиме лимбового зондирования. Применяется только на НОС.

5.8.23 Пероксиацетилнитрат

Определение: трехмерное поле мольной доли пероксиацетилнитрата в сухом воздухе. Требуется измерение в тропосфере (слои атмосферы: НТ, ВТ) — физическая единица измерения: нмоль/моль — единица неопределенности: нмоль/моль.

Метод 1: ТИК спектроскопия (надирная) — принцип: измеряется радиация излучения в ТИК-диапазоне (~5,7, 8,6 и 12,5 мкм) с высокой спектральной разрешающей способностью при наблюдениях с помощью спектрометров в режиме надирного зондирования. Применяется только на НОС.

5.8.24 Явление полярного стратосферного облака

Определение: трехмерное поле явления полярного стратосферного облака. Требуются наблюдения в нижних слоях стратосферы (слои атмосферы: НС) — неопределенность выражена в виде ударной скорости (УС) и уровня ложной тревоги (УЛТ).

Метод 1: КВ спектроскопия (надирная) — принцип: измеряется рассеянная радиация в УФ- и ВИД-диапазонах с умеренной спектральной разрешающей способностью при наблюдениях с помощью спектрометров в режиме надирного зондирования. Применяется как на НОС, так и на ГСО.

Метод 2: КВ спектроскопия (лимбовая) — принцип: измеряется рассеянная радиация в УФ- и ВИД-диапазонах при наблюдении в лимбовом режиме с умеренной спектральной разрешающей способностью. Используются также отсутствующие линии из спектра Солнца, Луны или звезд в течение затмения. Применяется только на НОС.

Метод 3: ИК спектроскопия (лимбовая) — принцип: измеряется радиация излучения в ТИК-диапазоне с умеренной спектральной разрешающей способностью при наблюдениях с помощью спектрометров в режиме лимбового зондирования. Применяется только на НОС.

Метод 4: лидар обратного рассеяния — принцип: измерение радиации обратного рассеяния в УФ-, ВИД- или БИК-диапазонах с помощью лидара. Применяется только на НОС.

5.8.25 Гексафторид серы (SF_6)

Определение: трехмерное поле мольной доли SF_6 в сухом воздухе. Требуется измерение от нижних слоев стратосферы до ВГА (слои атмосферы: НС, ВС и М) — физическая единица измерения: нмоль/моль — единица неопределенности: нмоль/моль.

Метод 1: ТИК спектроскопия (надирная) — принцип: измеряется радиация излучения в ТИК-диапазоне ($\sim 10,5$ мкм) с высокой спектральной разрешающей способностью при наблюдениях с помощью спектрометров в режиме надирного зондирования. Применяется как на НОС, так и на ГСО.

Метод 2: ТИК спектроскопия (лимбовая) — принцип: измеряется радиация излучения в ТИК-диапазоне ($\sim 10,5$ мкм) с высокой спектральной разрешающей способностью при наблюдениях с помощью спектрометров в режиме лимбового зондирования. Применяется только на НОС.

5.8.26 Двуокись серы (SO_2)

Определение: трехмерное поле мольной доли SO_2 в сухом воздухе. Требуется измерение от поверхности до нижних слоев стратосферы (слои атмосферы: НТ, ВТ, НС) + весь атмосферный столб — физическая единица измерения: нмоль/моль для слоев, единицы $1,3 \cdot 10^{15}$ молекул/см² для всего столба — единица неопределенности: нмоль/моль для слоев; $1,3 \cdot 10^{15}$ молекул/см² для всего столба.

Метод 1: УФ спектроскопия (надирная) — принцип: измеряется рассеянная радиация в УФ-диапазоне (~ 350 нм) с высокой спектральной разрешающей способностью при наблюдениях с помощью спектрометров в режиме надирного зондирования. Применяется как на НОС, так и на ГСО.

Метод 2: ТИК спектроскопия (надирная) — принцип: измеряется радиация излучения в ТИК-диапазоне ($\sim 7,3$ и $8,6$ мкм) со средневысокой спектральной разрешающей способностью при наблюдениях с помощью спектрометров в режиме надирного зондирования. Применяется как на НОС, так и на ГСО.

5.9 КОСМИЧЕСКАЯ ПОГОДА

Этот тематический раздел состоит из переменных, которые характеризуют космическую погоду. Переменные, относящиеся к настоящему разделу, классифицированы ниже на три категории:

- a) мониторинг процессов, происходящих на Солнце (таблица 5.8);
- b) межпланетное космическое пространство между Солнцем и Землей, подверженное воздействию солнечного ветра (таблица 5.9);
- c) околоземное пространство: магнитосфера и ионосфера (таблица 5.10).

Таблица 5.8. Спутниковые наблюдения, относящиеся к мониторингу Солнца

Переменная	Описание	Физическая единица
Солнечные гамма-лучи, рентгеновские лучи, ЭУФ, УФ, ВИД	Плотность интегрированного потока Спектр потока Отображение потока	$\text{Вт} \cdot \text{м}^{-2}$ $\text{Вт} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{нм}^{-1}$ $\text{Вт} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{арксеканс}^{-2}$
Ca II-K изображение солнца	K-линия Ca-II (393,4 нм)	$\text{Вт} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{арксеканс}^{-2}$
H-alpha изображение солнца	Водородный alpha переход (656,3 нм)	$\text{Вт} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{арксеканс}^{-2}$
Луман-alpha изображение солнца	Водородный Луман-alpha переход (121,6 нм)	$\text{Вт} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{арксеканс}^{-2}$
Солнечный Луман-alpha поток	Водородный Луман-alpha переход (121,6 нм)	$\text{Вт} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{нм}^{-1}$
Солнечное магнитное поле	Магнитное поле на поверхности Солнца (фотосфера)	нТл
Спектр солнечных потоков радиоволн	Радиопоток, интегрированный по всему солнечному диску	$\text{Вт} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{Гц}^{-1}$
Изображение солнечных радиопотоков	Радиопоток, полученный от солнечного диска	$\text{Вт} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{Гц}^{-1} \cdot \text{арксеканс}^{-2}$
Солнечные поля скорости	Трехмерная карта скорости плазмы в фотосфере	$\text{м} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{арксеканс}^{-2}$
Солнечное электрическое поле	Карта электрического поля в фотосфере	$\text{мВ} \cdot \text{м}^{-1} \cdot \text{арксеканс}^{-2}$
Изображение солнечной короны	Изображение короны вокруг Солнца	$\text{Вт} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{арксеканс}^{-2}$

Таблица 5.9. Спутниковые наблюдения, относящиеся к межпланетному пространству между Солнцем и Землей и к солнечному ветру

Переменная	Описание	Физическая единица
Электроны, протоны, нейтроны, альфа-частицы	Плотность интегрированного потока Дифференциальный направленный поток Интегральный направленный поток	$\text{частиц} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$ $\text{частиц} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{ср}^{-1} \cdot \text{эВ}^{-1}$ $\text{частиц} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{ср}^{-1}$
Тяжелые ионы [2(He) < Z ≤ 26(Fe)]	Энергия углового потока и масс-спектр Интегральный направленный поток	$\text{частиц} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{ср}^{-1}$ (МэВ/нуклон) ⁻¹ $\text{частиц} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{ср}^{-1}$
Космические лучи	Поток нейтронов	нейтронов $\cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$

<i>Переменная</i>	<i>Описание</i>	<i>Физическая единица</i>
Гамма-лучи, рентгеновские лучи, ЭУФ, УФ, ВИД, БИК, КВИК излучение	Поток Спектр потока Изображение неба	$\text{Вт} \cdot \text{м}^{-2}$ $\text{Вт} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{нм}^{-1}$ $\text{Вт} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{арксеканс}^{-2}$
Радиоволны	Плотность интегрированного потока	$\text{Вт} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{Гц}^{-1}$
Изображение гелиосферы	Изображение среды солнечного ветра	$\text{Вт} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{арксеканс}^{-2}$
Межпланетное магнитное поле	Магнитное поле в солнечном ветре	нТл
Плотность солнечного ветра	Плотность плазмы солнечного ветра	$\text{частиц} \cdot \text{см}^{-3}$
Температура солнечного ветра	Температура плазмы солнечного ветра	К
Скорость солнечного ветра	Скорость плазмы солнечного ветра	$\text{км} \cdot \text{с}^{-1}$

Таблица 5.10. Спутниковые наблюдения, характерные для изучения магнитосферы и ионосферы

<i>Переменная</i>	<i>Описание</i>	<i>Физическая единица</i>
Скорость ионосферной плазмы	Скорость объемной плазмы или электронов, функция высоты	$\text{км} \cdot \text{с}^{-1}$
Ионосферное мерцание	Случайные флуктуации радиоволн и коэффициента преломления	безразмерная
Общее содержание электронов в ионосфере (ОСЭ)	Количество электронов между двумя точками	TECU
Плотность электронов	Трехмерное распределение плотности электронов в ионосфере	$\text{электронов} \cdot \text{м}^{-3}$
Магнитное поле	Магнитное поле в околоземном пространстве (в магнитосфере)	нТл
Электрическое поле	Величина и направление электрического поля Земли	$\text{мВ} \cdot \text{м}$
Электростатический заряд	Накопленный электрический заряд на спутниковой платформе	$\text{пА} \cdot \text{см}^{-2}$
Уровень радиационной дозы	Трехмерное поле мощности дозы излучения заряженных частиц	$\text{мЗв} \cdot \text{ч}^{-1}$

В следующих разделах приводятся некоторые сведения только для нескольких переменных, относящихся к ионосфере и магнитосфере.

5.9.1 **Общее содержание электронов в ионосфере**

Определение: количество электронов на пути зондирующего луча между двумя точками. Измеряется под разными углами обзора таким образом, чтобы получить вертикальные

профили методом томографии. Требуются измерения в ионосфере и плазмосфере — физическая единица измерения: электрон/м², практическая единица: TECU = 10¹⁶ электрон/м² — единица неопределенности %.

Метод 1: радиозатменные измерения с помощью ГНСС — принцип: измерение дифференциальной рефракции между двумя частотами (~1,2 и ~1,6 ГГц), передаваемыми навигационным спутником и принимаемыми спутником на НОО во время фазы затмения. Измеряемое содержание электронов интегрируется вдоль пути прохождения луча на меняющихся высотах по касательной. Применяется только на НОС.

Метод 2: радиолокационная альтиметрия — принцип: измерение задержки дифференциальной фазы между сигналами от радиолокационных альтиметров с двойной частотой (~13 ГГц и ~3 ГГц или 5 ГГц). Для получения общего содержания электронов в атмосферном столбе также используется измерение чередования фаз, необходимое, главным образом, для поправки на рабочий диапазон измерения радиолокатора-высотомера. Применяется только на НОС.

Метод 3: задержка по фазе сигнала ГСOM-НОС — принцип: измерение задержки дифференциальной фазы между сигналами от передатчиков ГСOM с двойной частотой (~1,2 и ~1,6 ГГц) и приемником на НОС, использующим ГСOM для навигации. В принципе, подходит любой спутник, оборудованный навигационной системой ГСOM. Информация относится к изучению верхних слоев ионосферы и плазмосферы, т. е. к слою между высотой расположения на орбите спутника и высотой спутника ГСOM (~20 000 км). Применяется только на НОС.

5.9.2 Плотность электронов

Определение: трехмерное распределение плотности электронов. Требуются измерения в ионосфере и плазмосфере — физическая единица измерения: электроны/м³ — единица неопределенности %.

Метод 1: радиозатменные измерения с помощью ГНСС — принцип: измерение дифференциальной рефракции между двумя частотами (~1,2 и ~1,6 ГГц), передаваемыми навигационным спутником и принимаемыми спутником на НОО во время фазы затмения. Данные извлекаются с помощью метода томографии общего содержания электронов. Применяется только на НОС.

5.9.3 Магнитное поле

Определение: величина и направление магнитного поля Земли. Показатель степени геомагнитного возмущения в магнитосфере, а также в околоземном космическом пространстве. Требуются измерения в магнитосфере — физическая единица измерения: нТл (1 тесла = 104 гаусс) — единица неопределенности нТл.

Метод 1: магнитометрия — принцип: измерение как можно большим числом магнитометров в реальных условиях на орбите по мере движения спутника по орбите. Применяется на спутниках, расположенных на НОО, ГСО и на сильно вытянутой эллиптической орбите.

5.9.4 Электрическое поле

Определение: величина и направление электрического поля Земли. Требуются измерения в ионосфере — физическая единица измерения: мВ · м⁻¹ — единица неопределенности мВ · м⁻¹.

Метод 1: метод дрейфа ионов — принцип: измерение величины и направления приходящего потока ионов. Электрическое поле вычисляется как производная величина

от соотношения между электрическим полем, измеренной скоростью дрейфа ионов и измеренной силой магнитного поля. Измерения *in situ* по мере движения спутника по орбите. Применяется на спутниках, расположенных на НОО и на сильно вытянутой эллиптической орбите.

ПРИЛОЖЕНИЕ. ДОСТИЖИМОЕ КАЧЕСТВО СПУТНИКОВОЙ ПРОДУКЦИИ

В настоящем приложении приводятся данные о достижимом качестве измерений в отношении среднеквадратической ошибки¹ (СКО), горизонтальной разрешающей способности (Δx), вертикальной разрешающей способности (Δz) и цикла наблюдений (Δt) с допущениями, принятыми по числу спутников, необходимых для обеспечения цикла наблюдений Δt , и по основным возможным условиям наблюдений или ограничений. Эти качественные оценки основываются на характеристиках самых современных приборов, разрабатываемых на момент написания настоящего Руководства, которые, как ожидается, начнут оперативно использоваться к 2020 г.

Эта оценка сделана в отношении каждого применяемого принципа дистанционного зондирования для геофизических переменных из восьми следующих тематических разделов:

- a) основные атмосферные переменные, наблюдаемые в двух- и трехмерном измерениях (3D и 2D)
- b) переменные облаков и атмосферных осадков
- c) аэрозоли и радиация
- d) океан и морской лед
- e) поверхность суши (включая снег)
- f) твердая оболочка Земли
- g) химический состав атмосферы
- h) космическая погода

¹ Необходимо отметить, что среднеквадратическая ошибка, используемая в настоящем томе Руководства, соответствует приблизительно расширенной неопределенности с коэффициентом покрытия $k = 1$, в то время как в остальных разделах настоящего Руководства обычно применяется коэффициент покрытия $k = 2$ (см. том I, глава 1, 1.6.3.3 и *Оценка данных измерений — Руководство для представления погрешности измерений* (ОКРМ 100:2008)).

1. **ОСНОВНЫЕ АТМОСФЕРНЫЕ ПЕРЕМЕННЫЕ, НАБЛЮДАЕМЫЕ В ДВУХ- И ТРЕХМЕРНОМ ИЗМЕРЕНИЯХ (2D И 3D)**

Таблица 5.А.1. Геофизические переменные, рассматриваемые в тематическом разделе «Основные атмосферные переменные, наблюдаемые в двух- и трехмерном измерениях (2D и 3D)»

Температура воздуха в атмосфере	Ветер (горизонтальный)	Высота верхней границы ППС	Высота тропопаузы
Удельная влажность воздуха	Ветер как вектор над поверхностью (горизонтальный)	Температура тропопаузы	

Таблица 5.А.1.1. Оценка потенциально достижимого качества продукции «Температура атмосферного воздуха» (к 2020 г.)

Слой	Орбита	Метод	Неопределенность (СКО)	Δx (км)	Δz (км)	Δt (ч)	Число спутн.	Условия
Тропосфера (при ~500 гПа)	НОО	ИК спектроскопия	1 К	20	1	4	3	Ясное небо
	ГСО	ИК спектроскопия	1 К	20	1	0,5	6	Ясное небо
	НОО	МКВ/суб-мм радиометрия	1,5 К	30	1,5	4	3	Почти всепогодный
	ГСО	МКВ/суб-мм радиометрия	1,5 К	30	1,7	0,5	6	Почти всепогодный
	НОО	ГНСС радиозатмение	1 К	300	0,5	12	12	Всепогодный
Стратосфера (при ~30 гПа)	НОО	ИК спектроскопия	3 К	20	3	4	3	–
	ГСО	ИК спектроскопия	4 К	20	4	0,5	6	–
	НОО	МВ/суб-мм радиометрия	4 К	30	4	4	3	–
	ГСО	МВ/суб-мм радиометрия	4 К	30	4	0,5	6	–
	НОО	ГНСС радиозатмение	2 К	300	1	12	12	–
	НОО	Лимбовое зондирование	2 К	300	2	72	1	–

Таблица 5.А.1.2. Оценка потенциально достижимого качества продукции «Удельная влажность воздуха» (к 2020 г.)

Слой	Орбита	Метод	Неопределенность (СКО)	Δx (км)	Δz (км)	Δt (ч)	Число спутн.	Условия
Тропосфера (при ~500 гПа)	НОО	ИК спектроскопия	10 %	20	1,5	4	3	Ясное небо
	ГСО	ИК спектроскопия	10 %	20	2	0,5	6	Ясное небо
	НОО	МВ/суб-мм радиометрия	15 %	30	2,5	4	3	Почти всепогодный
	ГСО	МВ/суб-мм радиометрия	15 %	30	2,5	0,5	6	Почти всепогодный
	НОО	ГНСС радиозатмение	10 %	300	0,5	12	12	Всепогодный
	НОО	ЛДП (несканирующий)	2 %	50	0,3	360	1	Ясное небо
Стратосфера (при ~30 гПа)	НОО	ИК спектроскопия	15 %	20	4	4	3	–
	ГСО	ИК спектроскопия	20 %	20	5	0,5	6	–
	НОО	МВ/суб-мм радиометрия	30 %	30	5	4	3	–
	ГСО	МВ/суб-мм радиометрия	30 %	30	5	0,5	6	–
	НОО	ГНСС радиозатмение	20 %	300	5	12	12	–
	НОО	ЛДП (несканирующий)	10 %	50	2	360	1	–
	НОО	Лимбовое зондирование	20 %	300	2	72	1	–

Слой	Орбита	Метод	Неопределенность (СКО)	Δx (км)	Δz (км)	Δt (ч)	Число спутн.	Условия
Весь столб	НОО	От ИК спектроскопии	$2 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-2}$	20	–	4	3	Ясное небо
	ГСО	От ИК спектроскопии	$2 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-2}$	20	–	0,5	6	Ясное небо
	НОО	От ВМ зондирования	$3 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-2}$	30	–	4	3	Всепогодный
	ГСО	От ВМ зондирования	$3 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-2}$	30	–	0,5	6	Всепогодный
	НОО	От ЛДП (несканирующий)	$1 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-2}$	50	–	360	1	Ясное небо
	НОО	ИК разделенное окно	$4 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-2}$	1	–	4	3	Ясное небо
	ГСО	ИК разделенное окно	$4 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-2}$	4	–	0,1	6	Ясное небо
	НОО	МВ изображения (23 ГГц)	$2 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-2}$	20	–	3	8 (ПГИО) ^а	Всепогодный, море
	НОО	БИК изображения (935 нм)	$3 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-2}$	8	–	8	3	Ясное небо, днем
	ГСО	БИК изображения (935 нм)	$3 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-2}$	16	–	0,25	6	Ясное небо, днем

Примечание:

а Вносит вклад данными в Программу глобальных измерений осадков (ПГИО).

Таблица 5.А.1.3. Оценка потенциально достижимого качества продукции «Ветер (горизонтальный)» (к 2020 г.)

Слой	Орбита	Метод	Неопределенность (СКО)	Δx (км)	Δz (км)	Δt (ч)	Число спутн.	Условия
Тропосфера (при ~500 гПа)	НОО	Доплеровский лидар (несканирующий)	$1 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$	50	0,5	180	1	Ясное небо
	НОО	Последовательности ВИД/ИК изображений	$6 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$	15	6	4	3	Потребность в меченых элементах, полярные районы
	ГСО	Последовательности ВИД/ИК изображений	$5 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$	50	6	1	6	Потребность в меченых элементах
	НОО	ИК зонд-тепловизор	$5 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$	160	2	4	3	Ясное небо, полярные районы
	ГСО	ИК зонд-тепловизор	$4 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$	160	2	1	6	Ясное небо

Слой	Орбита	Метод	Неопределенность (СКО)	Δx (км)	Δz (км)	Δt (ч)	Число спутн.	Условия
Стратосфера (при ~30 гПа)	НОО	Доплеровский лидар (несканирующий)	$4 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$	50	2	180	1	Несканирующий
	НОО	Доплеровское смещение (лимбовый режим)	$5 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$	300	2	72	1	Дневное время

Таблица 5.А.1.4. Оценка потенциально достижимого качества продукции «Ветер как вектор над поверхностью (горизонтальный)» (к 2020 г.)

Слой	Орбита	Метод	Неопределенность (СКО)	Δx (км)	Δz (км)	Δt (ч)	Число спутн.	Условия
Поверхность	НОО	Радиолокационная скатеррометрия	$2 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$	20	–	12	3	Над морем, всепогодный
	НОО	Поляриметрическая МКВ радиометрия	$3 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$	10	–	8	3	Над морем, всепогодный
	НОО	МКВ изображения	$3 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$	10	–	8	3	Над морем, всепогодный. Только скорость
	НОО	Радиолокационная альтиметрия (несканирующий)	$3 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$	100	–	120	2	Над морем, всепогодный, только скорость

Таблица 5.А.1.5. Оценка потенциально достижимого качества продукции «Высота верхней границы планетарного пограничного слоя» (к 2020 г.)

Слой	Орбита	Метод	Неопределенность (СКО)	Δx (км)	Δz (км)	Δt (ч)	Число спутн.	Условия
Не прим.	НОО	Лидар обратного рассеяния (несканирующий)	0,1 км	50	–	360	1	Ясное небо
	НОО	От ИК зондирования	0,5 км	20	–	4	3	Ясное небо
	ГСО	От ИК зондирования	0,5 км	20	–	0,5	6	Ясное небо
	НОО	От ГНСС зондирования	0,3 км	300	–	12	12	Всепогодный

Таблица 5.А.1.6. Оценка потенциально достижимого качества продукции «Высота тропопаузы» (к 2020 г.)

Слой	Орбита	Метод	Неопределенность (СКО)	Δx (км)	Δz (км)	Δt (ч)	Число спутн.	Условия
Не прим.	НОО	Лидар обратного рассеяния (несканирующий)	0,1 км	50	–	360	1	Ясное небо
	НОО	От ИК зондирования	2 км	20	–	4	3	Ясное небо
	ГСО	От ИК зондирования	2 км	20	–	0,5	6	Ясное небо
	НОО	От ГНСС зондирования	0,5 км	300	–	12	12	Всепогодный

Таблица 5.А.1.7. Оценка потенциально достижимого качества продукции «Температура тропопаузы» (к 2020 г.)

Слой	Орбита	Метод	Неопределенность (СКО)	Δx (км)	Δz (км)	Δt (ч)	Число спутн.	Условия
Не прим.	НОО	От ИК зондирования	2 К	20	–	4	3	Ясное небо
	ГСО	От ИК зондирования	2,5 К	20	–	0,5	6	Ясное небо
	НОО	От ГНСС зондирования	1 К	300	–	12	12	Всепогодный
	НОО	От лимбового зондирования	1,5 К	300	–	72	1	Ясное небо

2. ПЕРЕМЕННЫЕ ОБЛАКОВ И АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ

Таблица 5.А.2. Геофизические переменные, рассматриваемые в тематическом разделе «Переменные облаков и атмосферных осадков»

Температура вершины облака	Высота нижней границы облаков	Лед в облаке	Атмосферные осадки (в жидкой или твердой фазе)
Высота вершины облака	Оптическая глубина облака	Эффективный радиус льда в облаке	Интенсивность осадков на поверхности (в жидкой или твердой фазе)
Вид облаков	Вода в жидкой фазе в облаке	Высота нулевой изотермы в облаке	Суммарные осадки (за 24 часа)
Облачный покров	Эффективный радиус капель воды в облаке	Толщина слоя таяния льда в облачности	Обнаружение молний

Таблица 5.А.2.1. Оценка потенциально достижимого качества продукции «Температура вершины облака» (к 2020 г.)

Слой	Орбита	Метод	Неопределенность (СКО)	Δx (км)	Δz (км)	Δt (ч)	Число спутн.	Условия
Не прим.	НОО	ИК радиометрия	2 К	1	–	4	3	–
	ГСО	ИК радиометрия	2 К	4	–	0,1	6	–
	НОО	От ИК зондирования	0,5 К	20	–	4	3	В пределах IFOV зондирования
	ГСО	От ИК зондирования	1 К	20	–	0,5	6	В пределах IFOV зондирования

Таблица 5.А.2.2. Оценка потенциально достижимого качества продукции «Высота вершины облака» (к 2020 г.)

Слой	Орбита	Метод	Неопределенность (СКО)	Δx (км)	Δz (км)	Δt (ч)	Число спутн.	Условия
Не прим.	НОО	ИК радиометрия	0,5 км	1	–	4	3	–
	ГСО	ИК радиометрия	0,5 км	4	–	0,1	6	–
	НОО	От ИК зондирования	0,3 км	20	–	4	3	В пределах IFOV зондирования
	ГСО	От ИК зондирования	0,3 км	20	–	0,5	6	В пределах IFOV зондирования
	НОО	Лидар обратного рассеяния (несканирующий)	0,1 км	50	–	360	1	Много витков на орбите
	НОО	Радиолокатор для изучения облаков (несканирующий)	0,3 км	50	–	360	1	Много витков на орбите
	НОО	Спектроскопия А-диапазона	0,3 км	4	–	8	3	Дневное время
	ГСО	Спектроскопия А-диапазона	0,3 км	8	–	0,25	6	Дневное время

Таблица 5.А.2.3. Оценка потенциально достижимого качества продукции «Вид облаков» (к 2020 г.)

Слой	Орбита	Метод	Неопределенность (СКО)	Δx (км)	Δz (км)	Δt (ч)	Число спутн.	Условия
Не прим.	НОО	ВИД/ИК радиометрия	10 классов	4	–	4	3	Ухудшается ночью (нет ВИД)
	ГСО	ВИД/ИК радиометрия	8 классов	12	–	0,1	1	Ухудшается ночью (нет ВИД)

Таблица 5.А.2.4. Оценка потенциально достижимого качества продукции «Облачный покров» (к 2020 г.)

Слой	Орбита	Метод	Неопределенность (СКО)	Δx (км)	Δz (км)	Δt (ч)	Число спутн.	Условия
Тропосфера	НОО	От ИК зондирования	10 %	10	6	4	3	В пределах МСО зондирования
	ГСО	От ИК зондирования	10 %	10	6	0,1	6	В пределах МСО зондирования
	НОО	Радиолокатор для изучения облаков (несканирующий)	10 %	250	1	720	1	Много витков на орбите
Весь столб	НОО	ВИД/ИК радиометрия	3 %	5	–	4	3	Ухудшается ночью (нет ВИД)
	ГСО	ВИД/ИК радиометрия	3 %	30	–	0,1	6	Ухудшается ночью (нет ВИД)
	НОО	От ИК зондирования	10 %	10	–	4	3	В пределах IFOV зондирования
	ГСО	От ИК зондирования	10 %	10	–	0,1	6	В пределах IFOV зондирования

Таблица 5.А.2.5. Оценка потенциально достижимого качества продукции «Высота нижней границы облаков» (к 2020 г.)

Слой	Орбита	Метод	Неопределенность (СКО)	Δx (км)	Δz (км)	Δt (ч)	Число спутн.	Условия
Не прим.	НОО	Радиолокатор для изучения облаков (несканирующий)	0,3 км	50	–	360	1	Много витков на орбите

Таблица 5.А.2.6. Оценка потенциально достижимого качества продукции «Оптическая глубина облака» (к 2020 г.)

Слой	Орбита	Метод	Неопределенность (СКО)	Δx (км)	Δz (км)	Δt (ч)	Число спутн.	Условия
Весь столб	НОО	Лидар обратного рассеяния (несканирующий)	0,1	50	–	360	1	Много витков на орбите
	НОО	КВ поляриметрия	0,5	20	–	48	1	Дневное время
	НОО	КВ/ТИК радиометрия	2	4	–	8	3	–
	ГСО	КВ/ТИК радиометрия	2	12	–	0,1	6	–

Таблица 5.А.2.7. Оценка потенциально достижимого качества продукции «Вода в жидкой фазе в облаке» (к 2020 г.)

Слой	Орбита	Метод	Неопределенность (СКО)	Δx (км)	Δz (км)	Δt (ч)	Число спутн.	Условия
Тропосфера	НОО	Радиолокатор для изучения облаков (несканирующий)	10 %	50	0,3	360	1	Много витков на орбите
	НОО	Радиолокатор для изучения осадков	20 %	5	0,5	120	1	Дождевые облака
	НОО	МКВ/суб-мм зондирование	40 %	20	3	3	8 (ПГИО)	–
	ГСО	МКВ/суб-мм зондирование	60 %	30	4	0,5	6	–
Весь столб	НОО	Радиолокатор для изучения облаков (несканирующий)	100 г·м ⁻²	50	–	360	1	Много витков на орбите
	НОО	Радиолокатор для изучения осадков	200 г·м ⁻²	5	–	120	1	Дождевые облака
	НОО	МКВ/суб-мм зондирование	200 г·м ⁻²	20	–	3	8 (ПГИО)	–
	ГСО	МКВ/суб-мм зондирование	300 г·м ⁻²	30	–	0,5	6	–

Таблица 5.А.2.8. Оценка потенциально достижимого качества продукции «Эффективный радиус капель воды в облаке» (к 2020 г.)

Слой	Орбита	Метод	Неопределенность (СКО)	Δx (км)	Δz (км)	Δt (ч)	Число спутн.	Условия
Тропосфера	НОО	Радиолокатор для изучения облаков (несканирующий)	3 мкм	50	0,3	360	1	Недождевые облака
	НОО	Радиолокатор для изучения осадков	10 мкм	5	0,3	120	1	Дождевые облака
	НОО	МКВ/суб-мм зондирование	30 мкм	20	3	3	8 (ПГИО)	Сильно зависит от модели
	ГСО	МКВ/суб-мм зондирование	30 мкм	30	3	0,5	6	Сильно зависит от модели
Вершина облака	НОО	Радиолокатор для изучения облаков (несканирующий)	3 мкм	50	–	360	1	Много витков на орбите
	НОО	МКВ/суб-мм зондирование	10 мкм	20	–	3	8 (ПГИО)	–
	ГСО	МКВ/суб-мм зондирование	10 мкм	30	–	0,5	6	–
	НОО	Лидар обратного рассеяния (несканирующий)	0,2 мкм	50	–	360	1	Много витков на орбите
	НОО	КВ поляриметрия	1 мкм	10	–	48	1	Дневное время
	НОО	ВИД/ИК радиометрия	2 мкм	1	–	4	3	Ухудшается ночью (нет ВИД)
	ГСО	ВИД/ИК радиометрия	2 мкм	4	–	0,1	6	Ухудшается ночью (нет ВИД)

Таблица 5.А.2.9. Оценка потенциально достижимого качества продукции «Лед в облаке» (к 2020 г.)

Слой	Орбита	Метод	Неопределенность (СКО)	Δx (км)	Δz (км)	Δt (ч)	Число спутн.	Условия
Тропосфера	НОО	Радиолокатор для изучения облаков (несканирующий)	10 %	50	0,3	360	1	Недождевые облака
	НОО	Радиолокатор для изучения осадков	20 %	5	0,3	120	1	Дождевые облака
	НОО	МКВ/суб-мм зондирование	50 %	20	3	3	8 (ПГИО)	Сильно зависит от модели
	ГСО	МКВ/суб-мм зондирование	50 %	30	3	0,5	6	Сильно зависит от модели
Весь столб	НОО	Радиолокатор для изучения облаков (несканирующий)	20 г·м ⁻²	50	–	360	1	Недождевые облака
	НОО	Радиолокатор для изучения осадков	20 г·м ⁻²	5	–	120	1	Дождевые облака
	НОО	МКВ/суб-мм зондирование	40 г·м ⁻²	20	–	3	8 (ПГИО)	Зависит от модели
	ГСО	МКВ/суб-мм зондирование	40 г·м ⁻²	30	–	0,5	6	Зависит от модели
	НОО	суб-мм изображения	20 г·м ⁻²	10	–	24	1	–
	НОО	ДИК изображения	20 г·м ⁻²	10	–	24	1	–

Таблица 5.А.2.10. Оценка потенциально достижимого качества продукции «Эффективный радиус льда в облаке» (к 2020 г.)

Слой	Орбита	Метод	Неопределенность (СКО)	Δx (км)	Δz (км)	Δt (ч)	Число спутн.	Условия
Тропосфера	НОО	Радиолокатор для изучения облаков (несканирующий)	3 мкм	50	0,3	360	1	Недождевые облака
	НОО	Радиолокатор для изучения осадков	10 мкм	5	0,3	120	1	Дождевые облака
	НОО	МКВ/суб-мм зондирование	30 мкм	20	3	3	8 (ПГИО)	Сильно зависит от модели
	ГСО	МКВ/суб-мм зондирование	30 мкм	30	3	0,5	6	Сильно зависит от модели
Вершина облака	НОО	Радиолокатор для изучения облаков (несканирующий)	3 мкм	50	–	360	1	Много витков на орбите
	НОО	МКВ/суб-мм зондирование	10 мкм	20	–	3	8 (ПГИО)	–
	ГСО	МКВ/суб-мм зондирование	10 мкм	30	–	0,5	6	–
	НОО	Лидар обратного рассеяния (несканирующий)	0,2 мкм	50	–	360	1	Много витков на орбите
	НОО	КВ поляриметрия	1 мкм	10	–	48	1	Дневное время
	НОО	ВИД/ИК радиометрия	4 мкм	1	–	4	3	Ухудшается ночью (нет ВИД)
	ГСО	ВИД/ИК радиометрия	4 мкм	4	–	0,1	6	Ухудшается ночью (нет ВИД)

Таблица 5.А.2.11. Оценка потенциально достижимого качества продукции «Высота нулевой изотермы в облаке» (к 2020 г.)

Слой	Орбита	Метод	Неопределенность (СКО)	Δx (км)	Δz (км)	Δt (ч)	Число спутн.	Условия
Не прим.	НОО	Радиолокатор для изучения облаков (несканирующий)	0,3 км	5	–	120	1	–
	НОО	МКВ/суб-мм зондирование	1,5 км	30	–	4	3	–
	ГСО	МКВ/суб-мм зондирование	1,5 км	30	–	0,5	6	–

Таблица 5.А.2.12. Оценка потенциально достижимого качества продукции «Толщина слоя таяния льда в облаке» (к 2020 г.)

Слой	Орбита	Метод	Неопределенность (СКО)	Δx (км)	Δz (км)	Δt (ч)	Число спутн.	Условия
Не прим.	НОО	Радиолокатор для изучения осадков	0,3 км	5	–	120	1	–
	НОО	МКВ/суб-мм зондирование	1,5 км	30	–	4	3	–
	ГСО	МКВ/суб-мм зондирование	1,5 км	30	–	0,5	6	–

Таблица 5.А.2.13. Оценка потенциально достижимого качества продукции «Атмосферные осадки (в жидкой или твердой фазе)» (к 2020 г.)

Слой	Орбита	Метод	Неопределенность (СКО)	Δx (км)	Δz (км)	Δt (ч)	Число спутн.	Условия
Тропосфера	НОО	Радиолокатор для изучения осадков	10 %	5	0,3	120	1	–
	НОО	МКВ/суб-мм зондирование	30 %	20	3	3	8 (ПГИО)	Сильно зависит от модели
	ГСО	МКВ/суб-мм зондирование	30 %	30	3	0,5	6	Сильно зависит от модели

Таблица 5.А.2.14. Оценка потенциально достижимого качества продукции «Интенсивность осадков на поверхности (в жидкой или твердой фазе)» (к 2020 г.)

Слой	Орбита	Метод	Неопределенность (СКО)	Δx (км)	Δz (км)	Δt (ч)	Число спутн.	Условия
Поверхность	НОО	Радиолокатор для изучения осадков	0,5 мм·ч ⁻¹	5	–	120	1	–
	НОО	МКВ/суб-мм зондирование	1 мм·ч ⁻¹	10	–	3	8 (ПГИО)	Сильно зависит от модели
	ГСО	МКВ/суб-мм зондирование	1,5 мм·ч ⁻¹	10	–	0,5	6	Сильно зависит от модели
	ГСО	ВИД/ИК радиометрия	5 мм·ч ⁻¹	10	–	0,1	6	Только конвекция
	ГСО	Сочетание НОС/МКВ + ГСО/ИК	2,5 мм·ч ⁻¹	10	–	0,1	6	Продукция совместной обработки данных

Таблица 5.А.2.15. Оценка потенциально достижимого качества продукции «Суммарные осадки (за 24 часа)» (к 2020 г.)

Слой	Орбита	Метод	Неопределенность (СКО)	Δx (км)	Δz (км)	Δt (ч)	Число спутн.	Условия
Поверхность	ГСО	Сочетание НОС/МКВ + ГСО/ИК	5 мм	10	–	3	3 (НОО) + 6 (ГСО)	Продукция совместной обработки данных
	ГСО	МКВ/суб-мм зондирование	2 мм	10	–	3	6	Сильно зависит от модели

Таблица 5.А.2.16. Оценка потенциально достижимого качества продукции «Обнаружение молний» (к 2020 г.)

Слой	Орбита	Метод	Неопределенность (СКО)	Δx (км)	Δz (км)	Δt (ч)	Число спутн.	Условия
Не прим.	НОО	Картирование молний	0,10/0,95 УЛТ/УС	5	–	12	3	–
	ГСО	Картирование молний	0,15/0,90 УЛТ/УС	10	–	0,01	6	–

3. **АЭРОЗОЛИ И РАДИАЦИЯ****Таблица 5.А.3. Геофизические переменные, рассматриваемые в тематическом разделе «Аэрозоли и радиация»**

Оптическая плотность аэрозоля	Восходящий поток спектральной плотности излучения на ВГА	Альbedo поверхности Земли
Концентрация аэрозолей	Восходящий поток ДВ-излучения на ВГА	Двунаправленное отражение КВ-излучения от поверхности Земли
Эффективный радиус аэрозоля	Восходящий поток КВ-излучения на ВГА	Восходящий поток ДВ-излучения на поверхности Земли
Тип аэрозоля	Отражение коротковолнового излучения от облаков	Длинноволновое излучение поверхности Земли
Вулканический пепел	Нисходящий поток ДВ-излучения на поверхности Земли	Активная радиация фотосинтеза
Нисходящий поток солнечного излучения на ВГА (верхней границе атмосферы)	Нисходящий поток КВ-излучения на поверхности Земли	Доля поглощаемой активной радиации фотосинтеза

Таблица 5.А.3.1. Оценка потенциально достижимого качества продукции «Оптическая плотность аэрозоля» (к 2020 г.)

Слой	Орбита	Метод	Неопределенность (СКО)	Δx (км)	Δz (км)	Δt (ч)	Число спутн.	Условия
Весь столб	НОО	Лидар обратного рассеяния (несканирующий)	0,01	50	–	360	1	Ясное небо
	НОО	КВ поляриметрия	0,03	20	–	48	1	Ясное небо, днем
	НОО	КВ спектроскопия	0,04	20	–	8	3	Ясное небо, днем
	ГСО	КВ спектроскопия	0,04	20	–	1	6	Ясное небо, днем
	НОО	ВИД/ИК радиометрия	0,05	5	–	8	3	Ясное небо, днем
	ГСО	ВИД/ИК радиометрия	0,05	2	–	0,1	6	Ясное небо, днем

Таблица 5.А.3.2. Оценка потенциально достижимого качества продукции «Концентрация аэрозолей» (к 2020 г.)

Слой	Орбита	Метод	Неопределенность (СКО)	Δx (км)	Δz (км)	Δt (ч)	Число спутн.	Условия
Тропосфера (при ~500 гПа)	НОО	Лидар обратного рассеяния (несканирующий)	1 %	50	0,1	360	1	Ясное небо
	НОО	КВ поляриметрия	5 %	20	3	48	1	Ясное небо, днем
	НОО	КВ спектроскопия (надирная)	5 %	20	3	8	3	Ясное небо, днем
	ГСО	КВ спектроскопия (надирная)	10 %	20	3	1	6	Ясное небо, днем
Стратосфера (при ~30 гПа)	НОО	Лидар обратного рассеяния (несканирующий)	2 %	50	0,5	360	1	–
	НОО	КВ поляриметрия	20 %	20	7	48	1	Дневное время
	НОО	КВ спектроскопия (надирная)	20 %	20	8	8	3	Дневное время
	ГСО	КВ спектроскопия (надирная)	20 %	20	10	1	6	Дневное время
	НОО	КВ спектроскопия (лимбовая)	10 %	300	2	144	1	Дневное время
Весь столб	НОО	Лидар обратного рассеяния (несканирующий)	$0,1 \text{ г} \cdot \text{м}^{-2}$	50	–	360	1	Ясное небо
	НОО	КВ поляриметрия	$0,4 \text{ г} \cdot \text{м}^{-2}$	20	–	48	1	Ясное небо, днем
	НОО	КВ спектроскопия	$1 \text{ г} \cdot \text{м}^{-2}$	20	–	8	3	Ясное небо, днем
	ГСО	КВ спектроскопия	$1 \text{ г} \cdot \text{м}^{-2}$	20	–	1	6	Ясное небо, днем
	НОО	ВИД/ИК радиометрия	$4 \text{ г} \cdot \text{м}^{-2}$	4	–	8	3	Ясное небо, днем
	ГСО	ВИД/ИК радиометрия	$4 \text{ г} \cdot \text{м}^{-2}$	8	–	0,1	6	Ясное небо, днем

Таблица 5.А.3.3. Оценка потенциально достижимого качества продукции «Эффективный радиус аэрозоля» (к 2020 г.)

Слой	Орбита	Метод	Неопределенность (СКО)	Δx (км)	Δz (км)	Δt (ч)	Число спутн.	Условия
Тропосфера	НОО	Лидар обратного рассеяния (несканирующий)	0,2 мкм	50	0,3	360	1	Ясное небо
	НОО	КВ поляриметрия	0,5 мкм	20	3	48	1	Ясное небо, днем, зависит от модели
	НОО	КВ спектроскопия	1 мкм	20	3	8	3	Ясное небо, днем, зависит от модели
	ГСО	КВ спектроскопия	1 мкм	20	3	1	6	Ясное небо, днем, зависит от модели
Весь столб	НОО	Лидар обратного рассеяния (несканирующий)	0,1 мкм	50	–	360	1	Ясное небо
	НОО	КВ поляриметрия	0,3 мкм	20	–	48	1	Ясное небо, днем, зависит от модели
	НОО	КВ спектроскопия	0,5 мкм	20	–	8	3	Ясное небо, днем, зависит от модели
	ГСО	КВ спектроскопия	0,5 мкм	20	–	1	6	Ясное небо, днем, зависит от модели

Таблица 5.А.3.4. Оценка потенциально достижимого качества продукции «Тип аэрозоля» (к 2020 г.)

Слой	Орбита	Метод	Неопределенность (СКО)	Δx (км)	Δz (км)	Δt (ч)	Число спутн.	Условия
Тропосфера	НОО	Лидар обратного рассеяния (несканирующий)	6 классов	50	0,3	360	1	Ясное небо
	НОО	КВ поляриметрия	4 класса	20	3	48	1	Ясное небо, днем, зависит от модели
	НОО	КВ спектроскопия	4 класса	20	3	8	3	Ясное небо, днем, зависит от модели
	ГСО	КВ спектроскопия	4 класса	20	3	1	6	Ясное небо, днем, зависит от модели

Слой	Орбита	Метод	Неопределенность (СКО)	Δx (км)	Δz (км)	Δt (ч)	Число спутн.	Условия
Весь столб	НОО	Лидар обратного рассеяния (несканирующий)	6 классов	50	–	360	1	Ясное небо
	НОО	КВ поляриметрия	4 класса	20	–	48	1	Ясное небо, днем, зависит от модели
	НОО	КВ спектроскопия	4 класса	20	–	8	3	Ясное небо, днем, зависит от модели
	ГСО	КВ спектроскопия	4 класса	20	–	1	6	Ясное небо, днем, зависит от модели
	НОО	ВИД/ИК радиометрия	2 класса	4	–	8	3	Ясное небо, днем, зависит от модели
	ГСО	ВИД/ИК радиометрия	2 класса	8	–	0,1	6	Ясное небо, днем, зависит от модели

Таблица 5.А.3.5. Оценка потенциально достижимого качества продукции «Вулканический пепел» (к 2020 г.)

Слой	Орбита	Метод	Неопределенность (СКО)	Δx (км)	Δz (км)	Δt (ч)	Число спутн.	Условия
Тропосфера	НОО	Лидар обратного рассеяния (несканирующий)	1 %	50	0,1	360	1	Ясное небо
	НОО	КВ поляриметрия	5 %	20	3	48	1	Ясное небо, днем
	НОО	КВ спектроскопия (надирная)	5 %	20	3	8	3	Ясное небо, днем
	ГСО	КВ спектроскопия (надирная)	10 %	20	3	1	6	Ясное небо, днем
	НОО	Лидар обратного рассеяния (несканирующий)	2 %	50	0,5	360	1	Ясное небо
Стратосфера	НОО	КВ поляриметрия	20 %	20	7	48	1	Ясное небо, днем
	НОО	КВ спектроскопия (надирная)	20 %	20	8	8	3	Ясное небо, днем
	ГСО	КВ спектроскопия (надирная)	20 %	20	10	1	6	Ясное небо, днем
	НОО	КВ спектроскопия (лимбовая)	10 %	300	2	144	1	–

Слой	Орбита	Метод	Неопределенность (СКО)	Δx (км)	Δz (км)	Δt (ч)	Число спутн.	Условия
Весь столб	НОО	Лидар обратного рассеяния (несканирующий)	$0,5 \text{ г} \cdot \text{м}^{-2}$	50	–	360	1	Ясное небо
	НОО	КВ поляриметрия	$2 \text{ г} \cdot \text{м}^{-2}$	20	–	48	1	Ясное небо, днем
	НОО	КВ спектроскопия	$4 \text{ г} \cdot \text{м}^{-2}$	20	–	8	3	Ясное небо, днем
	ГСО	КВ спектроскопия	$4 \text{ г} \cdot \text{м}^{-2}$	20	–	1	6	Ясное небо, днем
	НОО	ВИД/ИК радиометрия	$10 \text{ г} \cdot \text{м}^{-2}$	4	–	8	3	Ясное небо, над морем
	ГСО	ВИД/ИК радиометрия	$10 \text{ г} \cdot \text{м}^{-2}$	8	–	0,1	6	Ясное небо, над морем

Таблица 5.А.3.6. Оценка потенциально достижимого качества продукции «Нисходящий поток солнечного излучения на ВГА» (к 2020 г.)

Слой	Орбита	Метод	Неопределенность (СКО)	Δx (км)	Δz (км)	Δt (ч)	Число спутн.	Условия
ВГА	НОО	Резонансный радиометр	$0,2 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2}$	Не прим.	–	24	1	Интегрирование многих витков
ВГА	ГСО	Резонансный радиометр	$0,15 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2}$	Не прим.	–	24	6	Ежесуточное интегрирование

Таблица 5.А.3.7. Оценка потенциально достижимого качества продукции «Восходящий поток спектральной плотности излучения на ВГА» (к 2020 г.)

Слой	Орбита	Метод	Неопределенность (СКО)	Δx (км)	Δz (км)	Δt (ч)	Число спутн.	Условия
ВГА	НОО	КВ+ДВ спектроскопия	100 ОСШ	50	–	720	1	Не сканирующий
				10	–	168	1	Ограниченная полоса захвата

Таблица 5.А.3.8. Оценка потенциально достижимого качества продукции «Восходящий поток длинноволнового излучения на ВГА» (к 2020 г.)

Слой	Орбита	Метод	Неопределенность (СКО)	Δx (км)	Δz (км)	Δt (ч)	Число спутн.	Условия
ВГА	НОО	Широкополосная радиометрия	4 Вт·м ⁻²	20	–	4	3	–
	ГСО	Широкополосная радиометрия	4 Вт·м ⁻²	30	–	0,25	6	–

Таблица 5.А.3.9. Оценка потенциально достижимого качества продукции «Восходящий поток коротковолнового излучения на ВГА» (к 2020 г.)

Слой	Орбита	Метод	Неопределенность (СКО)	Δx (км)	Δz (км)	Δt (ч)	Число спутн.	Условия
ВГА	НОО	Широкополосная радиометрия	10 Вт·м ⁻²	20	–	4	3	Зависит от модели
	ГСО	Широкополосная радиометрия	15 Вт·м ⁻²	30	–	0,25	6	Зависит от модели

Таблица 5.А.3.10. Оценка потенциально достижимого качества продукции «Отражение коротковолнового излучения от облаков» (к 2020 г.)

Слой	Орбита	Метод	Неопределенность (СКО)	Δx (км)	Δz (км)	Δt (ч)	Число спутн.	Условия
ВГА	НОО	КВ радиометрия	5 %	4	–	4	3	–
	ГСО	КВ радиометрия	7 %	8	–	0,1	6	–

Таблица 5.А.3.11. Оценка потенциально достижимого качества продукции «Нисходящий поток ДВ-излучения на поверхности Земли» (к 2020 г.)

Слой	Орбита	Метод	Неопределенность (СКО)	Δx (км)	Δz (км)	Δt (ч)	Число спутн.	Условия
Поверхность	НОО	От ИК/МКВ зондирования	10 Вт·м ⁻²	20	–	4	3	Зависит от модели
	ГСО	От ИК/МКВ зондирования	10 Вт·м ⁻²	20	–	0,5	6	Зависит от модели

Таблица 5.А.3.12. Оценка потенциально достижимого качества продукции «Нисходящий поток КВ-излучения на поверхности Земли» (к 2020 г.)

Слой	Орбита	Метод	Неопределенность (СКО)	Δx (км)	Δz (км)	Δt (ч)	Число спутн.	Условия
Поверхность	НОО	КВ радиометрия	20 Вт·м ⁻²	4	–	4	3	Ясное небо, зависит от модели
	ГСО	КВ радиометрия	30 Вт·м ⁻²	8	–	0,1	6	Ясное небо, зависит от модели

Таблица 5.А.3.13. Оценка потенциально достижимого качества продукции «Альbedo поверхности Земли» (к 2020 г.)

Слой	Орбита	Метод	Неопределенность (СКО)	Δx (км)	Δz (км)	Δt (ч)	Число спутн.	Условия
Поверхность	НОО	КВ радиометрия с разными углами обзора	1 %	10	–	168	1	Ясное небо, зависит от модели
	НОО	ВИД радиометрия	3 %	4	–	168	3	Ясное небо, сильно зависит от модели
	ГСО	ВИД радиометрия	5 %	8	–	72	6	Ясное небо, сильно зависит от модели

Таблица 5.А.3.14. Оценка потенциально достижимого качества продукции «Двунаправленное отражение КВ-радиации от поверхности Земли» (к 2020 г.)

Слой	Орбита	Метод	Неопределенность (СКО)	Δx (км)	Δz (км)	Δt (ч)	Число спутн.	Условия
Поверхность	НОО	КВ радиометрия с разными углами обзора	3 %	8	–	168	1	Ясное небо

Таблица 5.А.3.15. Оценка потенциально достижимого качества продукции «Восходящий поток ДВ-излучения на поверхности Земли» (к 2020 г.)

Слой	Орбита	Метод	Неопределенность (СКО)	Δx (км)	Δz (км)	Δt (ч)	Число спутн.	Условия
Поверхность	НОО	Широкополосная радиометрия	15 Вт·м ⁻²	20	–	4	3	Ясное небо, зависит от модели
	ГСО	Широкополосная радиометрия	15 Вт·м ⁻²	30	–	0,25	6	Ясное небо, зависит от модели

Таблица 5.А.3.16. Оценка потенциально достижимого качества продукции «Длинноволновое излучение поверхности Земли» (к 2020 г.)

Слой	Орбита	Метод	Неопределенность (СКО)	Δx (км)	Δz (км)	Δt (ч)	Число спутн.	Условия
Поверхность	НОО	ИК радиометрия	3 %	4	–	168	3	Ясное небо
	ГСО	ИК радиометрия	6 %	12	–	72	6	Ясное небо
	НОО	ИК спектроскопия	1 %	10	–	168	3	Ясное небо
	ГСО	ИК спектроскопия	1 %	10	–	72	6	Ясное небо

Таблица 5.А.3.17. Оценка потенциально достижимого качества продукции «Активная радиация фотосинтеза» (к 2020 г.)

Слой	Орбита	Метод	Неопределенность (СКО)	Δx (км)	Δz (км)	Δt (ч)	Число спутн.	Условия
Поверхность	НОО	ВИД радиометрия	10 Вт·м ⁻²	4	–	4	3	Ясное небо, зависит от модели
	ГСО	ВИД радиометрия	10 Вт·м ⁻²	8	–	0,1	6	Ясное небо, зависит от модели

Таблица 5.А.3.18. Оценка потенциально достижимого качества продукции «Доля поглощаемой активной радиации фотосинтеза» (к 2020 г.)

Слой	Орбита	Метод	Неопределенность (СКО)	Δx (км)	Δz (км)	Δt (ч)	Число спутн.	Условия
Поверхность	НОО	ВИД радиометрия	10 %	4	–	4	3	Ясное небо, зависит от модели
	ГСО	ВИД радиометрия	10 %	8	–	0,1	6	Ясное небо, зависит от модели

4. ОКЕАН И МОРСКОЙ ЛЕД

Таблица 5.А.4. Геофизические переменные, рассматриваемые в тематическом разделе «Океан и морской лед»

Концентрация хлорофилла в океане	Площадь нефтяных разливов	Уровень моря в прибрежных районах (приливы и отливы)	Частотный спектр направленной энергии волн
Цветность растворенных органических веществ	Температура поверхности моря	Высота значительных волн	Морской ледовый покров
Концентрация взвешенных наносов в океане	Соленость поверхности моря	Преимущественное направление волн	Толщина морского льда
Коэффициент диффузионного ослабления в океане	Динамическая карта поверхности океана	Преимущественный период волн	Вид морского льда

Таблица 5.А.4.1. Оценка потенциально достижимого качества продукции «Концентрация хлорофилла в океане» (к 2020 г.)

Слой	Орбита	Метод	Неопределенность (СКО)	Δx (км)	Δz (км)	Δt (ч)	Число спутн.	Условия
Поверхность	НОО	ВИД радиометрия	0,1 мг·м ⁻³	4	–	8	3	Ясное небо, днем, зависит от модели
	ГСО	ВИД радиометрия	0,2 мг·м ⁻³	8	–	0,25	6	Ясное небо, днем, зависит от модели

Таблица 5.А.4.2. Оценка потенциально достижимого качества продукции «Цветность растворенных органических веществ» (к 2020 г.)

Слой	Орбита	Метод	Неопределенность (СКО)	Δx (км)	Δz (км)	Δt (ч)	Число спутн.	Условия
Поверхность	НОО	ВИД радиометрия	0,01 м ⁻¹	4	–	8	3	Ясное небо, днем, зависит от модели
	ГСО	ВИД радиометрия	0,02 м ⁻¹	8	–	0,25	6	Ясное небо, днем, зависит от модели

Таблица 5.А.4.3. Оценка потенциально достижимого качества продукции «Концентрация взвешенных наносов в океане» (к 2020 г.)

Слой	Орбита	Метод	Неопределенность (СКО)	Δx (км)	Δz (км)	Δt (ч)	Число спутн.	Условия
Поверхность	НОО	ВИД радиометрия	0,05 г·м ⁻³	4	–	8	3	Ясное небо, днем, зависит от модели
	ГСО	ВИД радиометрия	0,1 г·м ⁻³	8	–	0,25	6	Ясное небо, днем, зависит от модели

Таблица 5.А.4.4. Оценка потенциально достижимого качества продукции «Коэффициент диффузионного ослабления в океане» (к 2020 г.)

Слой	Орбита	Метод	Неопределенность (СКО)	Δx (км)	Δz (км)	Δt (ч)	Число спутн.	Условия
Поверхность	НОО	ВИД радиометрия	0,5 м ⁻¹	4	–	8	3	Ясное небо, днем, зависит от модели
	ГСО	ВИД радиометрия	1 м ⁻¹	8	–	0,25	6	Ясное небо, днем, зависит от модели

Таблица 5.А.4.5. Оценка потенциально достижимого качества продукции «Площадь нефтяных разливов» (к 2020 г.)

Слой	Орбита	Метод	Неопределенность (СКО)	Δx (км)	Δz (км)	Δt (ч)	Число спутн.	Условия
Поверхность	НОО	ВИД/БИК радиометрия	15 %	4	–	8	3	Ясное небо, днем
	ГСО	ВИД/БИК радиометрия	15 %	8	–	0,25	6	Ясное небо, днем
	НОО	КВ поляриметрия	10 %	20	–	48	1	Ясное небо, днем
	НОО	Оптические изображения высокого разрешения	20 %	0,3	–	168	4	Ясное небо, днем
	НОО	Изображения с РСА	5 %	1	–	360	2	Всепогодный

Таблица 5.А.4.6. Оценка потенциально достижимого качества продукции «Температура поверхности моря» (к 2020 г.)

Слой	Орбита	Метод	Неопределенность (СКО)	Δx (км)	Δz (км)	Δt (ч)	Число спутн.	Условия
Поверхность	НОО	ИК радиометрия	0,4 К	8	–	4	3	Ясное небо
	ГСО	ИК радиометрия	0,8 К	24	–	0,1	6	Ясное небо
	НОО	ИК спектроскопия	0,3 К	20	–	4	3	Ясное небо
	ГСО	ИК спектроскопия	0,5 К	20	–	0,25	6	Ясное небо
	НОО	МКВ радиометрия	1 К	50	–	8	3	Всепогодный

Таблица 5.А.4.7. Оценка потенциально достижимого качества продукции «Соленость поверхности моря» (к 2020 г.)

Слой	Орбита	Метод	Неопределенность (СКО)	Δx (км)	Δz (км)	Δt (ч)	Число спутн.	Условия
Поверхность	НОО	МКВ радиометрия в L-диапазоне	0,3 PSU	200	–	240	1	Всепогодный, интегрированный пространство-время

Таблица 5.А.4.8. Оценка потенциально достижимого качества продукции «Динамическая карта поверхности океана» (к 2020 г.)

Слой	Орбита	Метод	Неопределенность (СКО)	Δx (км)	Δz (км)	Δt (ч)	Число спутн.	Условия
Поверхность	НОО	Радиолокационная альтиметрия (несканирующая)	3 см	50	–	240	2	Всепогодный

Таблица 5.А.4.9. Оценка потенциально достижимого качества продукции «Уровень моря в прибрежных районах (приливы и отливы)» (к 2020 г.)

Слой	Орбита	Метод	Неопределенность (СКО)	Δx (км)	Δz (км)	Δt (ч)	Число спутн.	Условия
Поверхность	НОО	Радиолокационная альтиметрия (несканирующая)	3 см	50	–	240	2	Всепогодный

Таблица 5.А.4.10. Оценка потенциально достижимого качества продукции «Высота значительных волн» (к 2020 г.)

Слой	Орбита	Метод	Неопределенность (СКО)	Δx (км)	Δz (км)	Δt (ч)	Число спутн.	Условия
Поверхность	НОО	Радиолокационная альтиметрия (несканирующая)	0,1 м	50	–	240	2	Всепогодный
	НОО	От спектральных характеристик РСА	0,5 м	50	–	240	2	Всепогодный

Таблица 5.А.4.11. Оценка потенциально достижимого качества продукции «Преимущественное направление волн» (к 2020 г.)

Слой	Орбита	Метод	Неопределенность (СКО)	Δx (км)	Δz (км)	Δt (ч)	Число спутн.	Условия
Поверхность	НОО	От спектральных характеристик РСА	10 градусов	50	–	240	2	Всепогодный

Таблица 5.А.4.12. Оценка потенциально достижимого качества продукции «Преимущественный период волн» (к 2020 г.)

Слой	Орбита	Метод	Неопределенность (СКО)	Δx (км)	Δz (км)	Δt (ч)	Число спутн.	Условия
Поверхность	НОО	От спектральных характеристик РСА	10 с	50	–	240	2	Всепогодный

Таблица 5.А.4.13. Оценка потенциально достижимого качества продукции «Частотный спектр направленной энергии волн» (к 2020 г.)

Слой	Орбита	Метод	Неопределенность (СКО)	Δx (км)	Δz (км)	Δt (ч)	Число спутн.	Условия
Поверхность	НОО	От спектральных характеристик РСА	$0,1 \text{ м}^2 \cdot \text{Гц}^{-1} \cdot \text{рад}^{-1}$	50	–	240	2	Всепогодный

Таблица 5.А.4.14. Оценка потенциально достижимого качества продукции «Морской ледовый покров» (к 2020 г.)

Слой	Орбита	Метод	Неопределенность (СКО)	Δx (км)	Δz (км)	Δt (ч)	Число спутн.	Условия
Поверхность	НОО	ВИД/ИК радиометрия	10 %	5	–	48	3	Ясное небо
	ГСО	ВИД/ИК радиометрия	20 %	15	–	6	6	Ясное небо
	НОО	МКВ радиометрия	20 %	20	–	3	8 (ПГИО)	Всепогодный
	НОО	Оптические изображения высокого разрешения	5 %	1	–	168	4	Ясное небо, днем
	НОО	Изображения с РСА	3 %	3	–	360	2	Всепогодный

Таблица 5.А.4.15. Оценка потенциально достижимого качества продукции «Толщина морского льда» (к 2020 г.)

<i>Слой</i>	<i>Орбита</i>	<i>Метод</i>	<i>Неопределенность (СКО)</i>	Δx (км)	Δz (км)	Δt (ч)	<i>Число спутн.</i>	<i>Условия</i>
Поверхность	НОО	Радиолокационная альтиметрия (несканирующая)	25 см	30	–	720	1	Всепогодный
	НОО	Лидарная альтиметрия (несканирующая)	10 см	30	–	720	1	Ясное небо
	НОО	РСА интерферометрия	100 см	1	–	360	2	Всепогодный

Таблица 5.А.4.16. Оценка потенциально достижимого качества продукции «Вид морского льда» (к 2020 г.)

<i>Слой</i>	<i>Орбита</i>	<i>Метод</i>	<i>Неопределенность (СКО)</i>	Δx (км)	Δz (км)	Δt (ч)	<i>Число спутн.</i>	<i>Условия</i>
Поверхность	НОО	Радиолокационная скатеррометрия	5 классов	20	–	12	3	Всепогодный
	НОО	МКВ радиометрия	3 классов	10	–	3	8 (ПГИО)	Всепогодный
	НОО	Изображения с РСА	4 классов	1	–	360	2	Всепогодный

5. ПОВЕРХНОСТЬ СУШИ (ВКЛЮЧАЯ СНЕГ)

Таблица 5.А.5. Геофизические переменные, рассматриваемые в тематическом разделе «Поверхность суши, включая снег»

Температура поверхности суши	Индекс листовой поверхности	Состояние снега (влажный/сухой)	Топография поверхности суши
Влажность почвы на поверхности	Приведенный разностный индекс растительности	Снежный покров	Ледниковый покров
Влажность почвы (в корнеобитаемом слое почвы)	Долевая часть покрова, охваченная пожаром	Водный эквивалент снега	Топография ледников
Доля поверхность и суши, покрытая растительностью	Температура пожара	Тип почвы	
Тип растительности	Энергия излучения от пожара	Почвенно-растительный покров	

Таблица 5.А.5.1. Оценка потенциально достижимого качества продукции «Температура поверхности суши» (к 2020 г.)

Слой	Орбита	Метод	Неопределенность (СКО)	Δx (км)	Δz (км)	Δt (ч)	Число спутн.	Условия
Поверхность	НОО	ИК радиометрия	2 К	8	–	4	3	Ясное небо
	ГСО	ИК радиометрия	4 К	24	–	0,1	6	Ясное небо
	НОО	ИК спектроскопия	1 К	20	–	4	3	Ясное небо
	ГСО	ИК спектроскопия	1 К	20	–	0,25	6	Ясное небо
	НОО	МВ радиометрия	1 К	50	–	8	3	Всепогодный

Таблица 5.А.5.2. Оценка потенциально достижимого качества продукции «Влажность почвы на поверхности» (к 2020 г.)

Слой	Орбита	Метод	Неопределенность (СКО)	Δx (км)	Δz (км)	Δt (ч)	Число спутн.	Условия
Поверхность	НОО	МКВ радиометрия	$0,05 \text{ м}^3 \cdot \text{м}^{-3}$	30	–	8	3	Всепогодный, чувствителен к растительности
	НОО	Радиолокационная скатеррометрия	$0,05 \text{ м}^3 \cdot \text{м}^{-3}$	20	–	36	1	Всепогодный, чувствителен к растительности
	НОО	Изображения с РСА	$0,1 \text{ м}^3 \cdot \text{м}^{-3}$	0,1	–	360	2	Всепогодный, чувствителен к растительности
	НОО	ВИД/ИК радиометрия	$0,5 \text{ м}^3 \cdot \text{м}^{-3}$	4	–	4	3	Ясное небо, чувствителен к растительности
	ГСО	ВИД/ИК радиометрия	$0,5 \text{ м}^3 \cdot \text{м}^{-3}$	12	–	0,1	6	Ясное небо, чувствителен к растительности

Таблица 5.А.5.3. Оценка потенциально достижимого качества продукции «Влажность почвы в корнеобитаемом слое почвы» (к 2020 г.)

Слой	Орбита	Метод	Неопределенность (СКО)	Δx (км)	Δz (км)	Δt (ч)	Число спутн.	Условия
Поверхность	НОО	МКВ радиометрия в L-диапазоне	$0,05 \text{ м}^3 \cdot \text{м}^{-3}$	50	0,0001	72	1	Всепогодный, зависит от модели
	НОО	РСА изображения в L-диапазоне	$0,1 \text{ м}^3 \cdot \text{м}^{-3}$	0,1	0,0001	1 440	1	Всепогодный, зависит от модели

Таблица 5.А.5.4. Оценка потенциально достижимого качества продукции «Доля поверхности суши, покрытая растительностью» (к 2020 г.)

Слой	Орбита	Метод	Неопределенность (СКО)	Δx (км)	Δz (км)	Δt (ч)	Число спутн.	Условия
Поверхность	НОО	Оптические изображения высокого разрешения	10 %	1	–	168	4	Ясное небо, днем
	НОО	Изображения с РСА	20 %	5	–	360	2	Всепогодный

Таблица 5.А.5.5. Оценка потенциально достижимого качества продукции «Тип растительности» (к 2020 г.)

Слой	Орбита	Метод	Неопределенность (СКО)	Δx (км)	Δz (км)	Δt (ч)	Число спутн.	Условия
Поверхность	НОО	Оптические изображения высокого разрешения	20 классов	0,1	–	2 160	4	Ясное небо, днем
	НОО	Изображения с РСА	10 классов	0,2	–	2 160	2	Всепогодный

Таблица 5.А.5.6. Оценка потенциально достижимого качества продукции «Индекс листовой поверхности» (к 2020 г.)

Слой	Орбита	Метод	Неопределенность (СКО)	Δx (км)	Δz (км)	Δt (ч)	Число спутн.	Условия
Поверхность	НОО	КВ радиометрия	10 %	2	–	168	3	Ясное небо, днем
	ГСО	КВ радиометрия	10 %	4	–	72	6	Ясное небо, днем
	НОО	Радиолокационная скатеррометрия	30 %	20	–	12	3	Всепогодный
	НОО	Оптические изображения высокого разрешения	10 %	0,1	–	168	4	Ясное небо, днем

Таблица 5.А.5.7. Оценка потенциально достижимого качества продукции «Приведенный разностный индекс растительности» (к 2020 г.)

Слой	Орбита	Метод	Неопределенность (СКО)	Δx (км)	Δz (км)	Δt (ч)	Число спутн.	Условия
Поверхность	НОО	ВИД/БИК радиометрия	5 %	2	–	168	3	Ясное небо, днем
	ГСО	ВИД/БИК радиометрия	5 %	4	–	72	6	Ясное небо, днем
	НОО	Оптические изображения высокого разрешения	5 %	0,1	–	168	4	Ясное небо, днем

Таблица 5.А.5.8. Оценка потенциально достижимого качества продукции «Долевая часть покрова, охваченная пожаром» (к 2020 г.)

Слой	Орбита	Метод	Неопределенность (СКО)	Δx (км)	Δz (км)	Δt (ч)	Число спутн.	Условия
Поверхность	НОО	ВИД/ИК радиометрия	12 %	4	–	4	3	Ухудшается ночью (нет ВИД)
	ГСО	ВИД/ИК радиометрия	25 %	12	–	0,1	6	Ухудшается ночью (нет ВИД)
	НОО	Оптические изображения высокого разрешения	10 %	0,1	–	168	4	Ясное небо, днем
	НОО	Изображения с PCA	10 %	0,1	–	360	2	Всепогодный

Таблица 5.А.5.9. Оценка потенциально достижимого качества продукции «Температура пожара» (к 2020 г.)

Слой	Орбита	Метод	Неопределенность (СКО)	Δx (км)	Δz (км)	Δt (ч)	Число спутн.	Условия
Поверхность	НОО	ИК радиометрия	10 К	2	–	4	3	Ясное небо
	ГСО	ИК радиометрия	20 К	6	–	0,1	6	Ясное небо

Таблица 5.А.5.10. Оценка потенциально достижимого качества продукции «Энергия излучения от пожара» (к 2020 г.)

Слой	Орбита	Метод	Неопределенность (СКО)	Δx (км)	Δz (км)	Δt (ч)	Число спутн.	Условия
Поверхность	НОО	ИК радиометрия	10 кВт·м ⁻²	2	–	4	3	Ясное небо
	ГСО	ИК радиометрия	20 кВт·м ⁻²	6	–	0,1	6	Ясное небо

Таблица 5.А.5.11. Оценка потенциально достижимого качества продукции «Состояние снега (влажный/сухой)» (к 2020 г.)

Слой	Орбита	Метод	Неопределенность (СКО)	Δx (км)	Δz (км)	Δt (ч)	Число спутн.	Условия
Поверхность	НОО	МКВ радиометрия	0,15/0,90 УЛТ/УС	10	–	3	8 (ПГИО)	Всепогодный
	НОО	Изображения с РСА	0,25/0,80 УЛТ/УС	1	–	360	2	Всепогодный

Таблица 5.А.5.12. Оценка потенциально достижимого качества продукции «Снежный покров» (к 2020 г.)

Слой	Орбита	Метод	Неопределенность (СКО)	Δx (км)	Δz (км)	Δt (ч)	Число спутн.	Условия
Поверхность	НОО	ВИД/ИК радиометрия	10 %	5	–	48	3	Ясное небо
	ГСО	ВИД/ИК радиометрия	10 %	10	–	6	6	Ясное небо
	НОО	МКВ радиометрия	20 %	20	–	3	8 (ПГИО)	Всепогодный
	НОО	Оптические изображения высокого разрешения	1 %	1	–	168	4	Ясное небо, днем

Таблица 5.А.5.13. Оценка потенциально достижимого качества продукции «Водный эквивалент снега» (к 2020 г.)

Слой	Орбита	Метод	Неопределенность (СКО)	Δx (км)	Δz (км)	Δt (ч)	Число спутн.	Условия
Поверхность	НОО	МКВ радиометрия	20 мм	10	–	8	3	Всепогодный
	НОО	Радиолокационная скатеррометрия	20 мм	20	–	12	3	Всепогодный
	НОО	Изображения с РСА	30 мм	0,1	–	360	2	Всепогодный

Таблица 5.А.5.14. Оценка потенциально достижимого качества продукции «Тип почвы» (к 2020 г.)

Слой	Орбита	Метод	Неопределенность (СКО)	Δx (км)	Δz (км)	Δt (ч)	Число спутн.	Условия
Поверхность	НОО	Оптические изображения высокого разрешения	20 классов	0,01	–	8 760	4	Ясное небо, днем
	НОО	Изображения с РСА	20 классов	0,01	–	8 760	2	Всепогодный

Таблица 5.А.5.15. Оценка потенциально достижимого качества продукции «Почвенно-растительный покров» (к 2020 г.)

Слой	Орбита	Метод	Неопределенность (СКО)	Δx (км)	Δz (км)	Δt (ч)	Число спутн.	Условия
Поверхность	НОО	Оптические изображения высокого разрешения	20 классов	0,01	–	8 760	4	Ясное небо, днем
	НОО	Изображения с РСА	10 классов	0,01	–	8 760	2	Всепогодный

Таблица 5.А.5.16. Оценка потенциально достижимого качества продукции «Топография поверхности суши» (к 2020 г.)

Слой	Орбита	Метод	Неопределенность (СКО)	Δx (км)	Δz (км)	Δt (ч)	Число спутн.	Условия
Поверхность	НОО	ВИД стереоскопия высокого разрешения	2 м	0,01	–	8 760	4	Ясное небо, днем
	НОО	РСА интерферометрия	1 м	0,01	–	8 760	2	Всепогодный
	НОО	Радиолокационная альтиметрия (несканирующая)	0,2 м	0,2	–	43 800	1	Всепогодный
	НОО	Лидарная альтиметрия (несканирующая)	0,1 м	0,1	–	43 800	1	Ясное небо

Таблица 5.А.5.17. Оценка потенциально достижимого качества продукции «Ледниковый покров» (к 2020 г.)

Слой	Орбита	Метод	Неопределенность (СКО)	Δx (км)	Δz (км)	Δt (ч)	Число спутн.	Условия
Поверхность	НОО	Оптические изображения высокого разрешения	10 %	0,01	–	8 760	4	Ясное небо, днем
	НОО	Изображения с РСА	10 %	0,01	–	8 760	2	Всепогодный

Таблица 5.А.5.18. Оценка потенциально достижимого качества продукции «Топография ледников» (к 2020 г.)

Слой	Орбита	Метод	Неопределенность (СКО)	Δx (км)	Δz (км)	Δt (ч)	Число спутн.	Условия
Поверхность	НОО	РСА интерферометрия	100 см	0,01	–	8 760	2	Всепогодный

6. ТВЕРДАЯ ОБОЛОЧКА ЗЕМЛИ

Таблица 5.А.6. Геофизические переменные, рассматриваемые в тематическом разделе «Твердая оболочка Земли»

Геоид	Определение местоположения плит земной коры	Движение земной коры (горизонтальное и вертикальное)	Гравитационное поле	Гравитационные градиенты
-------	---	--	---------------------	--------------------------

Таблица 5.А.6.1. Оценка потенциально достижимого качества продукции «Геоид» (к 2020 г.)

Слой	Орбита	Метод	Неопределенность (СКО)	Δx (км)	Δz (км)	Δt (ч)	Число спутн.	Условия
Поверхность	НОО	Радиолокационная альтиметрия (несканирующая)	10 см	500	–	8 760	2	Всепогодный, зависит от модели
	НОО	Гравитационное поле	1 см	100	–	17 520	1	Всепогодный, сильно зависит от модели

Таблица 5.А.6.2. Оценка потенциально достижимого качества продукции «Определение местоположения плит земной коры» (к 2020 г.)

Слой	Орбита	Метод	Неопределенность (СКО)	Δx (км)	Δz (км)	Δt (ч)	Число спутн.	Условия
Поверхность	НОО	Лазерное измерение дальности	2 см	500	–	8 760	5	Ночное время, ясное небо
	НОО	Приемник ГСОМ	2 см	100	–	8 760	24	Всепогодный

Таблица 5.А.6.3. Оценка потенциально достижимого качества продукции «Движение земной коры (горизонтальное и вертикальное)» (к 2020 г.)

Слой	Орбита	Метод	Неопределенность (СКО)	Δx (км)	Δz (км)	Δt (ч)	Число спутн.	Условия
Поверхность	НОО	Лазерное измерение дальности	2 мм·г ⁻¹	500	–	8 760	5	Ночное время, ясное небо
	НОО	Приемник ГСОМ	2 мм·г ⁻¹	100	–	8 760	24	Всепогодный

Таблица 5.А.6.4. Оценка потенциально достижимого качества продукции «Гравитационное поле» (к 2020 г.)

Слой	Орбита	Метод	Неопределенность (СКО)	Δx (км)	Δz (км)	Δt (ч)	Число спутн.	Условия
Высота орбиты	НОО	Градиентометрия	2 мГал	300	–	8 760	1	Смена орбиты в ходе программы
	НОО	Отслеживание спутника с другого спутника	2 мГал	300	–	8 760	2	Смена орбиты в ходе программы

Таблица 5.А.6.5. Оценка потенциально достижимого качества продукции «Гравитационные градиенты» (к 2020 г.)

Слой	Орбита	Метод	Неопределенность (СКО)	Δx (км)	Δz (км)	Δt (ч)	Число спутн.	Условия
Высота орбиты	НОО	Градиентометрия	0,1 Е	300	–	8 760	1	Смена орбиты в ходе программы
	НОО	Отслеживание спутника с другого спутника	0,1 Е	300	–	8 760	2	Смена орбиты в ходе программы

7. ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ АТМОСФЕРЫ

Таблица 5.А.7. Геофизические переменные, рассматриваемые в тематическом разделе «Химический состав атмосферы»

O ₃	C ₂ H ₂	CFC-11	CH ₂ O	ClO	CO	COS	HCl	HNO ₃	N ₂ O ₅	NO ₂	Пероксиацетилнитрат	SF ₆
BrO	C ₂ H ₆	CFC-12	CH ₄	ClONO ₂	CO ₂	H ₂ O	HDO	N ₂ O	NO	ОН	Явление полярного стратосферного облака	SO ₂

Таблица 5.А.7.1. Оценка потенциально достижимого качества продукции «ОЗ» (к 2020 г.)

Слой	Орбита	Метод	Неопределенность (СКО)	Δx (км)	Δz (км)	Δt (ч)	Число спутн.	Условия
Тропосфера (при ~500 гПа)	НОО	КВ спектроскопия (надирная)	10 нмоль·моль ⁻¹	20	3	8	3	Ясное небо, днем
	ГСО	КВ спектроскопия (надирная)	15 нмоль·моль ⁻¹	20	4	1	6	Ясное небо, днем
	НОО	ИК спектроскопия (надирная)	10 нмоль·моль ⁻¹	20	3	4	3	Ясное небо
	ГСО	ИК спектроскопия (надирная)	15 нмоль·моль ⁻¹	20	4	0,5	6	Ясное небо
	НОО	ЛДП (несканирующий)	3 нмоль·моль ⁻¹	50	0,5	360	1	Ясное небо

Слой	Орбита	Метод	Неопределенность (СКО)	Δx (км)	Δz (км)	Δt (ч)	Число спутн.	Условия
Стратосфера (при ~30 гПа)	НОО	КВ спектроскопия (надирная)	20 нмоль·моль ⁻¹	20	5	8	3	Дневное время
	ГСО	КВ спектроскопия (надирная)	30 нмоль·моль ⁻¹	20	6	1	6	Дневное время
	НОО	ИК спектроскопия (надирная)	20 нмоль·моль ⁻¹	20	6	4	3	–
	ГСО	ИК спектроскопия (надирная)	30 нмоль·моль ⁻¹	20	8	0,5	6	–
	НОО	КВ спектроскопия (лимбовая)	10 нмоль·моль ⁻¹	300	2	144	1	Дневное время
	НОО	ИК спектроскопия (лимбовая)	10 нмоль·моль ⁻¹	300	2	72	1	–
	НОО	Суб-мм спектроскопия (лимбовая)	10 нмоль·моль ⁻¹	300	2	72	1	–
	НОО	ЛДП (несканирующий)	5 нмоль·моль ⁻¹	50	1	360	1	–
Весь столб	НОО	КВ спектроскопия	6 ЕД	20	–	8	3	Ясное небо, днем
	ГСО	КВ спектроскопия	9 ЕД	20	–	1	6	Ясное небо, днем
	НОО	ИК спектроскопия	12 ЕД	20	–	4	3	Ясное небо
	ГСО	ИК спектроскопия	15 ЕД	20	–	0,5	6	Ясное небо

Таблица 5.А.7.2. Оценка потенциально достижимого качества продукции «BrO» (к 2020 г.)

Слой	Орбита	Метод	Неопределенность (СКО)	Δx (км)	Δz (км)	Δt (ч)	Число спутн.	Условия
Тропосфера (при ~500 гПа)	НОО	УФ спектроскопия (надирная)	40 нмоль·моль ⁻¹	50	5	8	3	Ясное небо, днем
	ГСО	УФ спектроскопия (надирная)	40 нмоль·моль ⁻¹	50	6	1	6	Ясное небо, днем

Слой	Орбита	Метод	Неопределенность (СКО)	Δx (км)	Δz (км)	Δt (ч)	Число спутн.	Условия
Стратосфера (при ~30 гПа)	НОО	УФ спектроскопия (надирная)	50 нмоль·моль ⁻¹	50	8	8	3	Дневное время
	ГСО	УФ спектроскопия (надирная)	50 нмоль·моль ⁻¹	50	10	1	6	Дневное время
	НОО	УФ спектроскопия (лимбовая)	30 нмоль·моль ⁻¹	300	2	144	1	Дневное время
	НОО	Суб-мм спектроскопия (лимбовая)	20 нмоль·моль ⁻¹	300	2	72	1	–

 Таблица 5.А.7.3. Оценка потенциально достижимого качества продукции «C₂H₂» (к 2020 г.)

Слой	Орбита	Метод	Неопределенность (СКО)	Δx (км)	Δz (км)	Δt (ч)	Число спутн.	Условия
Тропосфера (при ~500 гПа)	НОО	ТИК спектроскопия (надирная)	30 нмоль·моль ⁻¹	50	3	4	3	Ясное небо
	ГСО	ТИК спектроскопия (надирная)	50 нмоль·моль ⁻¹	50	4	0,5	6	Ясное небо

 Таблица 5.А.7.4. Оценка потенциально достижимого качества продукции «C₂H₆» (к 2020 г.)

Слой	Орбита	Метод	Неопределенность (СКО)	Δx (км)	Δz (км)	Δt (ч)	Число спутн.	Условия
Тропосфера (при ~500 гПа)	НОО	ТИК спектроскопия (надирная)	30 нмоль·моль ⁻¹	50	4	4	3	Ясное небо
	ГСО	ТИК спектроскопия (надирная)	50 нмоль·моль ⁻¹	50	5	0,5	6	Ясное небо

Таблица 5.А.7.5. Оценка потенциально достижимого качества продукции «CFC-11» (к 2020 г.)

Слой	Орбита	Метод	Неопределенность (СКО)	Δx (км)	Δz (км)	Δt (ч)	Число спутн.	Условия
Тропосфера (при ~500 гПа)	НОО	ИК спектроскопия (надирная)	10 нмоль·моль ⁻¹	50	4	4	3	Ясное небо
	ГСО	ИК спектроскопия (надирная)	15 нмоль·моль ⁻¹	50	5	0,5	6	Ясное небо
Стратосфера (при ~30 гПа)	НОО	ИК спектроскопия (надирная)	15 нмоль·моль ⁻¹	50	6	4	3	–
	ГСО	ИК спектроскопия (надирная)	20 нмоль·моль ⁻¹	50	8	0,5	6	–
	НОО	ИК спектроскопия (лимбовая)	10 нмоль·моль ⁻¹	300	2	72	1	–

Таблица 5.А.7.6. Оценка потенциально достижимого качества продукции «CFC-12» (к 2020 г.)

Слой	Орбита	Метод	Неопределенность (СКО)	Δx (км)	Δz (км)	Δt (ч)	Число спутн.	Условия
Тропосфера (при ~500 гПа)	НОО	ИК спектроскопия (надирная)	10 нмоль·моль ⁻¹	50	4	4	3	Ясное небо
	ГСО	ИК спектроскопия (надирная)	15 нмоль·моль ⁻¹	50	5	0,5	6	Ясное небо
Стратосфера (при ~30 гПа)	НОО	ИК спектроскопия (надирная)	15 нмоль·моль ⁻¹	50	6	4	3	–
	ГСО	ИК спектроскопия (надирная)	20 нмоль·моль ⁻¹	50	8	0,5	6	–
	НОО	ИК спектроскопия (лимбовая)	10 нмоль·моль ⁻¹	300	2	72	1	–

Таблица 5.А.7.7. Оценка потенциально достижимого качества продукции «CH₂O» (к 2020 г.)

Слой	Орбита	Метод	Неопределенность (СКО)	Δx (км)	Δz (км)	Δt (ч)	Число спутн.	Условия
Тропосфера (при ~500 гПа)	НОО	УФ спектроскопия (надирная)	25 нмоль·моль ⁻¹	50	3	8	3	Ясное небо, днем
	ГСО	УФ спектроскопия (надирная)	30 нмоль·моль ⁻¹	50	4	1	6	Ясное небо, днем
Весь столб	НОО	УФ спектроскопия	$1,5 \cdot 1,3 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-2}$	20	–	8	3	Ясное небо, днем
	ГСО	УФ спектроскопия	$2 \cdot 1,3 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-2}$	20	–	1	1	Ясное небо, днем

Таблица 5.А.7.8. Оценка потенциально достижимого качества продукции «CH₄» (к 2020 г.)

Слой	Орбита	Метод	Неопределенность (СКО)	Δx (км)	Δz (км)	Δt (ч)	Число спутн.	Условия
Тропосфера (при ~500 гПа)	НОО	КВИК спектроскопия (надирная)	10 нмоль·моль ⁻¹	50	4	8	3	Ясное небо, днем
	ГСО	КВИК спектроскопия (надирная)	15 нмоль·моль ⁻¹	50	5	0,5	6	Ясное небо, днем
	НОО	ТИК спектроскопия (надирная)	15 нмоль·моль ⁻¹	50	3	4	3	Ясное небо
	ГСО	ТИК спектроскопия (надирная)	20 нмоль·моль ⁻¹	50	4	0,25	6	Ясное небо

Слой	Орбита	Метод	Неопределенность (СКО)	Δx (км)	Δz (км)	Δt (ч)	Число спутн.	Условия
Стратосфера (при ~30 гПа)	НОО	КВИК спектроскопия (надирная)	30 нмоль·моль ⁻¹	50	6	8	3	Дневное время
	ГСО	КВИК спектроскопия (надирная)	40 нмоль·моль ⁻¹	50	7	0,5	6	Дневное время
	НОО	ТИК спектроскопия (надирная)	30 нмоль·моль ⁻¹	50	6	4	3	–
	ГСО	ТИК спектроскопия (надирная)	40 нмоль·моль ⁻¹	50	10	0,25	6	–
	НОО	КВИК спектроскопия (лимбовая)	10 нмоль·моль ⁻¹	300	2	144	1	Дневное время
	НОО	ТИК спектроскопия (лимбовая)	10 нмоль·моль ⁻¹	300	2	72	1	–
Весь столб	НОО	КВИК спектроскопия	$2 \cdot 1,3 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-2}$	20	–	8	3	Ясное небо, днем
	ГСО	КВИК спектроскопия	$3 \cdot 1,3 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-2}$	20	–	1	6	Ясное небо, днем
	НОО	ТИК спектроскопия	$4 \cdot 1,3 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-2}$	20	–	4	3	Ясное небо
	ГСО	ТИК спектроскопия	$5 \cdot 1,3 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-2}$	20	–	0,5	6	Ясное небо

Таблица 5.А.7.9. Оценка потенциально достижимого качества продукции «СІО» (к 2020 г.)

Слой	Орбита	Метод	Неопределенность (СКО)	Δx (км)	Δz (км)	Δt (ч)	Число спутн.	Условия
Тропосфера (при ~500 гПа)	НОО	УФ спектроскопия (надирная)	40 нмоль·моль ⁻¹	50	5	8	3	Ясное небо, днем
	ГСО	УФ спектроскопия (надирная)	40 нмоль·моль ⁻¹	50	6	1	6	Ясное небо, днем

Слой	Орбита	Метод	Неопределенность (СКО)	Δx (км)	Δz (км)	Δt (ч)	Число спутн.	Условия
Стратосфера (при ~30 гПа)	НОО	УФ спектроскопия (надирная)	50 нмоль·моль ⁻¹	50	5	8	3	Дневное время
	ГСО	УФ спектроскопия (надирная)	50 нмоль·моль ⁻¹	50	6	1	6	Дневное время
	НОО	УФ спектроскопия (лимбовая)	30 нмоль·моль ⁻¹	300	2	144	1	Дневное время
	НОО	Суб-мм спектроскопия (лимбовая)	30 нмоль·моль ⁻¹	300	2	72	1	–

 Таблица 5.А.7.10. Оценка потенциально достижимого качества продукции «ClONO₂» (к 2020 г.)

Слой	Орбита	Метод	Неопределенность (СКО)	Δx (км)	Δz (км)	Δt (ч)	Число спутн.	Условия
Тропосфера (при ~500 гПа)	НОО	ИК спектроскопия (надирная)	10 нмоль·моль ⁻¹	50	4	4	3	Ясное небо
	ГСО	ИК спектроскопия (надирная)	15 нмоль·моль ⁻¹	50	5	0,5	6	Ясное небо
Стратосфера (при ~30 гПа)	НОО	ИК спектроскопия (надирная)	15 нмоль·моль ⁻¹	50	6	4	3	–
	ГСО	ИК спектроскопия (надирная)	20 нмоль·моль ⁻¹	50	8	0,5	1	–
	НОО	ИК спектроскопия (лимбовая)	10 нмоль·моль ⁻¹	300	2	72	1	–

Таблица 5.А.7.11. Оценка потенциально достижимого качества продукции «СО» (к 2020 г.)

Слой	Орбита	Метод	Неопределенность (СКО)	Δx (км)	Δz (км)	Δt (ч)	Число спутн.	Условия
Тропосфера (при ~500 гПа)	НОО	КВИК спектроскопия (надирная)	20 нмоль·моль ⁻¹	50	3	8	3	Ясное небо, днем
	ГСО	КВИК спектроскопия (надирная)	25 нмоль·моль ⁻¹	50	4	0,5	6	Ясное небо, днем
	НОО	ТИК спектроскопия (надирная)	10 нмоль·моль ⁻¹	50	3	4	3	Ясное небо
	ГСО	ТИК спектроскопия (надирная)	30 нмоль·моль ⁻¹	50	4	0,25	6	Ясное небо
Стратосфера (при ~30 гПа)	НОО	КВИК спектроскопия (надирная)	30 нмоль·моль ⁻¹	50	5	8	3	Дневное время
	ГСО	КВИК спектроскопия (надирная)	40 нмоль·моль ⁻¹	50	6	0,5	6	Дневное время
	НОО	ТИК спектроскопия (надирная)	30 нмоль·моль ⁻¹	50	5	4	3	–
	ГСО	ТИК спектроскопия (надирная)	50 нмоль·моль ⁻¹	50	6	0,25	6	–
	НОО	КВИК спектроскопия (лимбовая)	10 нмоль·моль ⁻¹	300	2	144	1	Дневное время
	НОО	ТИК спектроскопия (лимбовая)	10 нмоль·моль ⁻¹	300	2	72	1	–
Весь столб	НОО	КВИК спектроскопия	$4 \cdot 1,3 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-2}$	20	–	8	3	Ясное небо, днем
	ГСО	КВИК спектроскопия	$5 \cdot 1,3 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-2}$	20	–	1	1	Ясное небо, днем
	НОО	ТИК спектроскопия	$5 \cdot 1,3 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-2}$	20	–	4	3	Ясное небо
	ГСО	ТИК спектроскопия	$6 \cdot 1,3 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-2}$	20	–	0,5	1	Ясное небо

Таблица 5.А.7.12. Оценка потенциально достижимого качества продукции «CO₂» (к 2020 г.)

Слой	Орбита	Метод	Неопределенность (СКО)	Δx (км)	Δz (км)	Δt (ч)	Число спутн.	Условия
Тропосфера (при ~500 гПа)	НОО	КВИК спектроскопия (надирная)	10 нмоль·моль ⁻¹	100	3	8	3	Ясное небо, днем
	ГСО	КВИК спектроскопия (надирная)	15 нмоль·моль ⁻¹	100	4	0,5	6	Ясное небо, днем
	НОО	ТИК спектроскопия (надирная)	10 нмоль·моль ⁻¹	100	3	4	3	Ясное небо
	ГСО	ТИК спектроскопия (надирная)	15 нмоль·моль ⁻¹	100	4	0,25	6	Ясное небо
Стратосфера (при ~30 гПа)	НОО	КВИК спектроскопия (надирная)	20 нмоль·моль ⁻¹	100	3	8	3	Ясное небо, днем
	ГСО	КВИК спектроскопия (надирная)	30 нмоль·моль ⁻¹	100	4	0,5	6	Ясное небо, днем
	НОО	ТИК спектроскопия (надирная)	20 нмоль·моль ⁻¹	100	3	4	3	Ясное небо
	ГСО	ТИК спектроскопия (надирная)	30 нмоль·моль ⁻¹	100	4	0,25	6	Ясное небо
	НОО	КВИК спектроскопия (лимбовая)	10 нмоль·моль ⁻¹	300	2	144	1	Дневное время
	НОО	ТИК спектроскопия (лимбовая)	10 нмоль·моль ⁻¹	300	2	72	1	–
Весь столб	НОО	КВИК спектроскопия	$1 \cdot 1,3 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-2}$	50	–	8	3	Ясное небо, днем
	ГСО	КВИК спектроскопия	$1,5 \cdot 1,3 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-2}$	50	–	1	6	Ясное небо, днем
	НОО	ТИК спектроскопия	$2 \cdot 1,3 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-2}$	50	–	4	3	Ясное небо
	ГСО	ТИК спектроскопия	$2,5 \cdot 1,3 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-2}$	50	–	0,5	6	Ясное небо
	НОО	ЛДП (несканирующий)	$0,3 \cdot 1,3 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-2}$	500	–	8 760	1	Ясное небо

Таблица 5.А.7.13. Оценка потенциально достижимого качества продукции «COS» (к 2020 г.)

Слой	Орбита	Метод	Неопределенность (СКО)	Δx (км)	Δz (км)	Δt (ч)	Число спутн.	Условия
Тропосфера (при ~500 гПа)	НОО	ТИК спектроскопия (надирная)	10 нмоль·моль ⁻¹	50	3	4	3	Ясное небо
	ГСО	ТИК спектроскопия (надирная)	30 нмоль·моль ⁻¹	50	4	0,25	6	Ясное небо
Стратосфера (при ~30 гПа)	НОО	ТИК спектроскопия (надирная)	30 нмоль·моль ⁻¹	50	5	4	3	–
	ГСО	ТИК спектроскопия (надирная)	50 нмоль·моль ⁻¹	50	6	0,25	6	–
	НОО	ТИК спектроскопия (лимбовая)	10 нмоль·моль ⁻¹	300	2	72	1	–

Таблица 5.А.7.14. Оценка потенциально достижимого качества продукции «H₂O» (к 2020 г.)

Слой	Орбита	Метод	Неопределенность (СКО)	Δx (км)	Δz (км)	Δt (ч)	Число спутн.	Условия
Тропосфера (при ~500 гПа)	НОО	КВ спектроскопия (надирная)	5 нмоль·моль ⁻¹	10	3	8	3	Ясное небо, днем
	ГСО	КВ спектроскопия (надирная)	6 нмоль·моль ⁻¹	10	4	0,5	6	Ясное небо, днем
	НОО	ТИК спектроскопия (надирная)	7 нмоль·моль ⁻¹	10	1,5	4	3	Ясное небо
	ГСО	ТИК спектроскопия (надирная)	8 нмоль·моль ⁻¹	10	2	0,25	6	Ясное небо
	НОО	ДИК спектроскопия	5 нмоль·моль ⁻¹	10	2	168	1	Ясное небо
	НОО	ГНСС радиозатменные измерения	10 нмоль·моль ⁻¹	300	0,5	12	12	Всепогодный
	НОО	ЛДП (несканирующий)	2 нмоль·моль ⁻¹	50	0,5	360	1	Ясное небо

Слой	Орбита	Метод	Неопределенность (СКО)	Δx (км)	Δz (км)	Δt (ч)	Число спутн.	Условия
Стратосфера (при ~30 гПа)	НОО	КВ спектроскопия (надирная)	15 нмоль·моль ⁻¹	10	5	8	3	Дневное время
	ГСО	КВ спектроскопия (надирная)	20 нмоль·моль ⁻¹	10	6	0,5	6	Дневное время
	НОО	ТИК спектроскопия (надирная)	20 нмоль·моль ⁻¹	10	5	4	3	–
	ГСО	ТИК спектроскопия (надирная)	30 нмоль·моль ⁻¹	10	6	0,25	6	–
	НОО	ДИК спектроскопия	10 нмоль·моль ⁻¹	10	4	168	1	–
	НОО	ГНСС радиозатменные измерения	20 нмоль·моль ⁻¹	300	1	12	12	–
	НОО	КВ спектроскопия (лимбовая)	10 нмоль·моль ⁻¹	300	2	144	1	Дневное время
	НОО	ТИК спектроскопия (лимбовая)	10 нмоль·моль ⁻¹	300	2	72	1	–
	НОО	Суб-мм спектроскопия (лимбовая)	10 нмоль·моль ⁻¹	300	2	72	1	–
	НОО	ЛДП (несканирующий)	7 нмоль·моль ⁻¹	50	1	360	1	–

Таблица 5.А.7.15. Оценка потенциально достижимого качества продукции «НСІ» (к 2020 г.)

Слой	Орбита	Метод	Неопределенность (СКО)	Δx (км)	Δz (км)	Δt (ч)	Число спутн.	Условия
Стратосфера (при ~30 гПа)	НОО	Суб-мм спектроскопия (лимбовая)	30 нмоль·моль ⁻¹	300	2	72	1	–

Таблица 5.А.7.16. Оценка потенциально достижимого качества продукции «HDO» (к 2020 г.)

Слой	Орбита	Метод	Неопределенность (СКО)	Δx (км)	Δz (км)	Δt (ч)	Число спутн.	Условия
Стратосфера (при ~30 гПа)	НОО	Суб-мм спектроскопия (лимбовая)	15 нмоль·моль ⁻¹	300	2	72	1	–

Таблица 5.А.7.17. Оценка потенциально достижимого качества продукции «HNO₃» (к 2020 г.)

Слой	Орбита	Метод	Неопределенность (СКО)	Δx (км)	Δz (км)	Δt (ч)	Число спутн.	Условия
Тропосфера (при ~500 гПа)	НОО	ИК спектроскопия (надирная)	30 нмоль·моль ⁻¹	50	3	4	3	Ясное небо
	ГСО	ИК спектроскопия (надирная)	40 нмоль·моль ⁻¹	50	4	0,5	6	Ясное небо
Стратосфера (при ~30 гПа)	НОО	ИК спектроскопия (надирная)	50 нмоль·моль ⁻¹	50	6	4	3	–
	ГСО	ИК спектроскопия (надирная)	60 нмоль·моль ⁻¹	50	8	0,5	6	–
	НОО	ИК спектроскопия (лимбовая)	30 нмоль·моль ⁻¹	300	2	72	1	–
	НОО	Суб-мм спектроскопия (лимбовая)	30 нмоль·моль ⁻¹	300	2	72	1	–
	НОО	ИК спектроскопия	3 · 1,3 · 10 ¹⁵ см ⁻²	20	–	4	3	Ясное небо
Весь столб	ГСО	ИК спектроскопия	5 · 1,3 · 10 ¹⁵ см ⁻²	20	–	0,5	6	Ясное небо

Таблица 5.А.7.18. Оценка потенциально достижимого качества продукции «N₂O» (к 2020 г.)

Слой	Орбита	Метод	Неопределенность (СКО)	Δx (км)	Δz (км)	Δt (ч)	Число спутн.	Условия
Тропосфера (при ~500 гПа)	НОО	КВИК спектроскопия (надирная)	10 нмоль·моль ⁻¹	50	3	8	3	Ясное небо, днем
	ГСО	КВИК спектроскопия (надирная)	15 нмоль·моль ⁻¹	50	4	0,5	6	Ясное небо, днем
	НОО	ТИК спектроскопия (надирная)	10 нмоль·моль ⁻¹	50	3	4	3	Ясное небо
	ГСО	ТИК спектроскопия (надирная)	15 нмоль·моль ⁻¹	50	4	0,25	6	Ясное небо
Стратосфера (при ~30 гПа)	НОО	КВИК спектроскопия (надирная)	20 нмоль·моль ⁻¹	50	6	8	3	Дневное время
	ГСО	КВИК спектроскопия (надирная)	30 нмоль·моль ⁻¹	50	8	0,5	6	Дневное время
	НОО	ТИК спектроскопия (надирная)	30 нмоль·моль ⁻¹	50	6	4	3	–
	ГСО	ТИК спектроскопия (надирная)	40 нмоль·моль ⁻¹	50	8	0,25	6	–
	НОО	КВИК спектроскопия (лимбовая)	15 нмоль·моль ⁻¹	300	2	144	1	Дневное время
	НОО	ТИК спектроскопия (лимбовая)	15 нмоль·моль ⁻¹	300	2	72	1	–
	НОО	Суб-мм спектроскопия (лимбовая)	10 нмоль·моль ⁻¹	300	2	72	1	–

Таблица 5.А.7.19. Оценка потенциально достижимого качества продукции «N₂O₅» (к 2020 г.)

Слой	Орбита	Метод	Неопределенность (СКО)	Δx (км)	Δz (км)	Δt (ч)	Число спутн.	Условия
Тропосфера (при ~500 гПа)	НОО	ТИК спектроскопия (надирная)	30 нмоль·моль ⁻¹	50	3	4	3	Ясное небо
	ГСО	ТИК спектроскопия (надирная)	50 нмоль·моль ⁻¹	50	4	0,5	1	Ясное небо

Таблица 5.А.7.20. Оценка потенциально достижимого качества продукции «NO» (к 2020 г.)

Слой	Орбита	Метод	Неопределенность (СКО)	Δx (км)	Δz (км)	Δt (ч)	Число спутн.	Условия
Тропосфера (при ~500 гПа)	НОО	КВ спектроскопия (надирная)	20 нмоль·моль ⁻¹	50	3	8	3	Ясное небо, днем
	ГСО	КВ спектроскопия (надирная)	30 нмоль·моль ⁻¹	50	4	1	6	Ясное небо, днем
	НОО	ИК спектроскопия (надирная)	20 нмоль·моль ⁻¹	50	3	4	3	Ясное небо
	ГСО	ИК спектроскопия (надирная)	30 нмоль·моль ⁻¹	50	4	0,5	6	Ясное небо
Стратосфера (при ~30 гПа)	НОО	КВ спектроскопия (надирная)	50 нмоль·моль ⁻¹	50	6	8	3	Дневное время
	ГСО	КВ спектроскопия (надирная)	60 нмоль·моль ⁻¹	50	8	1	6	Дневное время
	НОО	ИК спектроскопия (надирная)	50 нмоль·моль ⁻¹	50	6	4	3	–
	ГСО	ИК спектроскопия (надирная)	60 нмоль·моль ⁻¹	50	8	0,5	6	–
	НОО	КВ спектроскопия (лимбовая)	20 нмоль·моль ⁻¹	300	2	144	1	Дневное время
	НОО	ИК спектроскопия (лимбовая)	20 нмоль·моль ⁻¹	300	2	72	1	–

Таблица 5.А.7.21. Оценка потенциально достижимого качества продукции «NO₂» (к 2020 г.)

Слой	Орбита	Метод	Неопределенность (СКО)	Δx (км)	Δz (км)	Δt (ч)	Число спутн.	Условия
Тропосфера (при ~500 гПа)	НОО	КВ спектроскопия (надирная)	20 нмоль·моль ⁻¹	50	3	8	3	Ясное небо, днем
	ГСО	КВ спектроскопия (надирная)	30 нмоль·моль ⁻¹	50	4	1	6	Ясное небо, днем
	НОО	ИК спектроскопия (надирная)	20 нмоль·моль ⁻¹	50	3	4	3	Ясное небо
	ГСО	ИК спектроскопия (надирная)	30 нмоль·моль ⁻¹	50	4	0,5	6	Ясное небо
Стратосфера (при ~30 гПа)	НОО	КВ спектроскопия (надирная)	50 нмоль·моль ⁻¹	50	6	8	3	Дневное время
	ГСО	КВ спектроскопия (надирная)	60 нмоль·моль ⁻¹	50	8	1	6	Дневное время
	НОО	ИК спектроскопия (надирная)	50 нмоль·моль ⁻¹	50	6	4	3	–
	ГСО	ИК спектроскопия (надирная)	60 нмоль·моль ⁻¹	50	8	0,5	6	–
	НОО	КВ спектроскопия (лимбовая)	20 нмоль·моль ⁻¹	300	2	144	1	Дневное время
	НОО	ИК спектроскопия (лимбовая)	20 нмоль·моль ⁻¹	300	2	72	1	–
Весь столб	НОО	КВ спектроскопия	$2 \cdot 1,3 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-2}$	20	–	8	3	Ясное небо, днем
	ГСО	КВ спектроскопия	$2 \cdot 1,3 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-2}$	20	–	1	6	Ясное небо, днем
	НОО	ИК спектроскопия	$3 \cdot 1,3 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-2}$	20	–	4	3	Ясное небо
	ГСО	ИК спектроскопия	$3 \cdot 1,3 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-2}$	20	–	0,5	6	Ясное небо

Таблица 5.А.7.22. Оценка потенциально достижимого качества продукции «ОН» (к 2020 г.)

Слой	Орбита	Метод	Неопределенность (СКО)	Δx (км)	Δz (км)	Δt (ч)	Число спутн.	Условия
Стратосфера (при ~30 гПа)	НОО	Суб-мм спектроскопия (лимбовая)	30 нмоль·моль ⁻¹	300	2	72	1	–
	НОО	ДИК спектроскопия (лимбовая)	20 нмоль·моль ⁻¹	300	2	72	1	–

Таблица 5.А.7.23. Оценка потенциально достижимого качества продукции «Пероксиацетилнитрат» (к 2020 г.)

Слой	Орбита	Метод	Неопределенность (СКО)	Δx (км)	Δz (км)	Δt (ч)	Число спутн.	Условия
Тропосфера (при ~500 гПа)	НОО	ТИК спектроскопия (надирная)	30 нмоль·моль ⁻¹	50	3	4	3	Ясное небо
	ГСО	ТИК спектроскопия (надирная)	40 нмоль·моль ⁻¹	50	4	0,5	6	Ясное небо

Таблица 5.А.7.24. Оценка потенциально достижимого качества продукции «Явление полярного стратосферного облака» (к 2020 г.)

Слой	Орбита	Метод	Неопределенность (СКО)	Δx (км)	Δz (км)	Δt (ч)	Число спутн.	Условия
Стратосфера (при ~30 гПа)	НОО	КВ спектроскопия (надирная)	0,30/0,80 УЛТ/УС	50	4	8	3	Дневное время
	ГСО	КВ спектроскопия (надирная)	0,40/0,70 УЛТ/УС	50	4	8	6	Дневное время
	НОО	КВ спектроскопия (лимбовая)	0,20/0,85 УЛТ/УС	300	2	144	1	Дневное время
	НОО	ИК спектроскопия (лимбовая)	0,25/0,80 УЛТ/УС	300	2	72	1	–
	НОО	Лидар обратного рассеяния (надирный обзор)	0,10/0,95 УЛТ/УС	50	0,1	360	1	–

Таблица 5.А.7.25. Оценка потенциально достижимого качества продукции «SF₆» (к 2020 г.)

Слой	Орбита	Метод	Неопределенность (СКО)	Δx (км)	Δz (км)	Δt (ч)	Число спутн.	Условия
Стратосфера (при ~30 гПа)	НОО	ТИК спектроскопия (надирная)	25 нмоль·моль ⁻¹	50	6	4	3	–
	ГСО	ТИК спектроскопия (надирная)	30 нмоль·моль ⁻¹	50	8	0,25	6	–
	НОО	ТИК спектроскопия (лимбовая)	15 нмоль·моль ⁻¹	300	2	72	1	–

Таблица 5.А.7.26. Оценка потенциально достижимого качества продукции «SO₂» (к 2020 г.)

Слой	Орбита	Метод	Неопределенность (СКО)	Δx (км)	Δz (км)	Δt (ч)	Число спутн.	Условия
Тропосфера (при ~500 гПа)	НОО	УФ спектроскопия (надирная)	20 нмоль·моль ⁻¹	50	3	8	3	Ясное небо, днем
	ГСО	УФ спектроскопия (надирная)	25 нмоль·моль ⁻¹	50	4	1	1	Ясное небо, днем
	НОО	ИК спектроскопия (надирная)	30 нмоль·моль ⁻¹	50	3	4	3	Ясное небо
	ГСО	ИК спектроскопия (надирная)	35 нмоль·моль ⁻¹	50	4	0,5	1	Ясное небо
Стратосфера (при ~30 гПа)	НОО	УФ спектроскопия (надирная)	30 нмоль·моль ⁻¹	50	6	8	3	Дневное время
	ГСО	УФ спектроскопия (надирная)	35 нмоль·моль ⁻¹	50	8	1	1	Дневное время
	НОО	ИК спектроскопия (надирная)	40 нмоль·моль ⁻¹	50	6	4	3	–
	ГСО	ИК спектроскопия (надирная)	50 нмоль·моль ⁻¹	50	8	0,5	1	–

Слой	Орбита	Метод	Неопределенность (СКО)	Δx (км)	Δz (км)	Δt (ч)	Число спутн.	Условия
Весь столб	НОО	УФ спектроскопия	$1,5 \cdot 1,3 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-2}$	20	–	8	3	Ясное небо, днем
	ГСО	УФ спектроскопия	$2 \cdot 1,3 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-2}$	20	–	1	1	Ясное небо, днем
	НОО	ТИК спектроскопия	$2,5 \cdot 1,3 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-2}$	20	–	4	3	Ясное небо
	ГСО	ТИК спектроскопия	$3 \cdot 1,3 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-2}$	20	–	0,5	1	Ясное небо

8. КОСМИЧЕСКАЯ ПОГОДА

Таблица 5.А.8. Выборочные переменные из тематического раздела «Космическая погода», относящиеся к магнитосфере и ионосфере

Общее содержание электронов (ОСЭ)	Профиль плотности электронов	Магнитное поле	Электрическое поле
-----------------------------------	------------------------------	----------------	--------------------

Таблица 5.А.8.1. Оценка потенциально достижимого качества продукции «Общее содержание электронов в ионосфере» (к 2020 г.)

Слой	Орбита	Метод	Неопределенность (СКО)	Δx (км)	Δz (км)	Δt (ч)	Число спутн.	Условия
Ионосфера	НОО	ГНСС радиозатменные измерения	5 %	300	3	12	12	90–800 км высоты
	НОО	Радиолокационная альтиметрия (несканирующая)	10 %	100	200	120	2	90–1 300 км высоты
	НОО	Задержка по фазе сигнала ГСОМ-НОС	20 %	300	4 000	12	12	1 000–20 000 км высоты

Таблица 5.А.8.2. Оценка потенциально достижимого качества продукции «Плотность электронов» (к 2020 г.)

Слой	Орбита	Метод	Неопределенность (СКО)	Δx (км)	Δz (км)	Δt (ч)	Число спутн.	Условия
Ионосфера	НОО	ГНСС радиозатменные измерения	10 %	300	10	12	12	90–800 км высоты

Таблица 5.А.8.3. Оценка потенциально достижимого качества продукции «Магнитное поле» (к 2020 г.)

Слой	Орбита	Метод	Неопределенность (СКО)	Δx (км)	Δz (км)	Δt (ч)	Число спутн.	Условия
Магнитосфера	НОО	Магнитометрия	0,3 нТл	100	–	240	1	Ограничения по орбите спутника
	ГСО	Магнитометрия	1 нТл	100	–	0,25	6	Ограничения по орбите спутника

Таблица 5.А.8.4. Оценка потенциально достижимого качества продукции «Электрическое поле» (к 2020 г.)

Слой	Орбита	Метод	Неопределенность (СКО)	Δx (км)	Δz (км)	Δt (ч)	Число спутн.	Условия
Магнитосфера	НОО	Дрейф ионов	10 мВ·м ⁻¹	100	–	240	1	Ограничения по орбите спутника
	ГСО	Дрейф ионов	10 мВ·м ⁻¹	100	–	0,25	6	Ограничения по орбите спутника