|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ПОГОДА КЛИМАТ ВОДА | **Всемирная метеорологическая организация**  **КОМИССИЯ ПО НАБЛЮДЕНИЯМ, ИНФРАСТРУКТУРЕ И ИНФОРМАЦИОННЫМ СИСТЕМАМ**  **Вторая сессия** 24–28 октября 2022 г., Женева | **INFCOM-2/INF. 6.2(5)** |
| Представлен: председателем  ПК-ИПП  13.X.2022 |

*[Этот документ был переведен для вашего удобства с использованием технологий машинного перевода без постредактирования. Не дается никаких гарантий какого-либо рода, явных или подразумеваемых, в отношении его точности, надежности или правильности. Любые расхождения или различия, которые могли возникнуть при переводе содержания оригинального документа на русский язык, не являются обязательными и не имеют юридической силы для соблюдения, исполнения или любой другой цели. Некоторые материалы (например, изображения) могут быть не переведены из-за технических ограничений системы. В случае возникновения вопросов, связанных с точностью информации, содержащейся в переведенном документе, просим обращаться к английскому оригиналу, который является официальной версией документа.]*

## РАДИАЦИОННЫЕ ЭТАЛОНЫ

## Отчет Экспертной группы ПК-ИПП по радиационным эталонам

## Рекомендации в отношении условий, подлежащих удовлетворению в отношении изменения в эталонах солнечной и земной радиации

### Резюме

Новые первичные эталоны предлагаются для измерения солнечной радиации и земной (инфракрасной) радиации. В обоих случаях это приведет к лучшей прослеживаемости с СИ и снижению неопределенности. Однако в обоих случаях они могут привести к изменению масштаба величины неопределенности текущих эталонов. Изменение масштаба относительно невелико для солнечной радиации, однако для земной радиации размер изменения масштаба является следствием.

Основная рекомендация ГЭ-РЭ заключается в том, чтобы приступить к внедрению новых эталонов для солнечной и земной радиации, обеспечивающих определенные условия. В отношении солнечной радиации необходимо характеризовать: 1) предлагаемый новый эталон первичной солнечной радиации и бюджет неопределенности, опубликованный в рецензируемой публикации; "2) она должна сравниваться на двусторонней стадии с другим криорадиометром из НСМИ с КМЦ для спектральной чувствительности;" 3) группа радиометров с резонно-резонометрами окружающей среды продолжает функционировать в качестве основного эталона переноса; и 4) существуют процедуры корректировки данных, прослеживаемых к текущему эталону для согласования с новой эталонной шкалой. Для наземной радиации они заключаются в том, что 1) новый(ые) эталон(ы) должен(ны) иметь продемонстрированную(ые) прослеживаемость к СИ (например, учрежденный ЦМК) и должен(ны) быть задокументирован в научной литературе с бюджетом неопределенности; "2) группа эталонных пиргеометров продолжает функционировать в качестве основного эталона для переноса;" "3) имеются процедуры корректировки данных измерений, прослеживаемых к текущему эталону для приведения к новой эталонной шкале;" 4) необработанные данные пиргеометра для станций БСРН записываются в основном архиве БСРН.

### Солнечная радиация

Возможный новый эталон солнечной радиации

Новый предлагаемый эталон для измерения солнечной радиации (CSAR/MITRA) направлен на полностью охарактеризованный прибор, позволяющий рассчитать радиацию, связанную с СИ, исходя из понимания физики прибора. Аналогичный подход использовался для приборов, составляющих Группу международных эталонов (ГМЭ), в настоящее время определяющую мировой радиометрический эталон (МРЭ), однако КСАР/МИТРА включает основные технологические улучшения и значительно сниженную неопределенность. Что касается радиометров, измеряющих температуру окружающей среды, составляющих ГМЭ, то главным достижением ССАР/МИТРА является реализация *криогенного* резонаторного радиометра, который может использоваться вне лаборатории. Криогенная резонаторная радиометрия — это зрелая технология, обеспечивающая соединяющие СИ эталоны в лаборатории и официально идентифицированная в качестве первичного стандарта выбора в CIPM Mise en pratique for radiometry (Консультативный комитет по фотометрии и радиометрии, 2021 г.). МИТРА позволяет оценивать и определять неопределенности, связанные с передачей окна, необходимой для криогенной работы. Сравнения текущих МРЭ и ССАР показывают, что МРЭ на 0,3 % выше, чем в масштабе СИ. Они согласуются с более ранними сравнениями радиометрической мощности между криогенными радиометрами и МРЭ, а также между недавними измерениями приборов, развернутых в космосе.

Известные проблемы/ограничения, связанные с возможным новым эталоном солнечной радиации

В качестве нового эталона для солнечной радиации предлагается только один прибор, который несет в себе присущий ему риск. Во-первых, желательно, чтобы второй прибор такой же конструкции (ССАР) был доступен для обеспечения наличия основного эталона в случае выхода из строя. Во-вторых, желательно также, чтобы один (или более) прибор другой конструкции был доступен для подтверждения измерений ССАР/МИТРА, поскольку в метрологическом надлежащем опыте имеется несколько независимых результатов отсчета. Для того чтобы получить реальную выгоду, такие другие реализации должны быть действительно независимыми и сопоставимыми неопределенностями с четким определением элементов проверяемых элементов реализации. В настоящее время единственной технологией, способной обеспечить эталон солнечной радиации с неопределенностью, сравнимой с CSAR/MITRA, является криогенная радиометрия с резонностью, для которой существуют ограниченные вариации, которые являются практическими и оказывают реальное влияние на неопределенность. Предполагается, что основными из них будут пропускание окна и площадь апертуры, влияющие на дифракция и рассеяние. Однако такие разработки предполагают многолетние проекты для полной характеристики новых эталонов солнечной радиации и определения их неопределенности. Такая длительная задержка не приемлема в свете установленной потребности в обновлении эталона для солнечной радиации. Учитывая технологическую зрелость разработки полевых криогенных абсолютных радиометров в резональных радиометрах, ЭГ-СРЭ считает приемлемым риск возникновения изменения эталонной солнечной радиации без ожидания завершения подобных проектов. Кроме того, группа радиометров для измерения температуры окружающей среды, используемых в качестве эталона для переноса, обеспечит временное резервное копирование в случае выхода из строя основного эталона.

Для обеспечения оперативного основного стандарта переноса между новыми предлагаемыми эталонами солнечной радиации и полевыми радиометрами желательно использовать группу радиометров в окружающей среде (аналогично существующей ГМЭ). Однако в последние годы некоторые радиометры, являющиеся составной ГМО, столкнулись с техническими неудачами, связанными с десятилетиями, в которых работает большинство этих приборов. Если в последние годы рассматриваются только радиометры ГМН без каких-либо проблем/отказов, то нынешние требования в отношении количества радиометров, составляющих ГМВ, больше не будут выполнены. Помимо технического обслуживания, уже осуществляемого на радиометрах, составляющих ВМО, новые радиометры для измерения температуры окружающей среды должны отбираться для введения в ГМВР; выбор таких приборов сосредоточен на стабильности и воспроизводимости, поскольку их сопоставимость будет получена на основе нового эталона по солнечной радиации. Такая группа радиометров должна также позволить обнаруживать любые непредвиденные аномалии в работе первичной системы и, следовательно, быть промежуточной резервной до тех пор, пока не будет доступен второй прибор с возможностями, аналогичными ССАР/МИТРА.

Изменение масштаба на 0,3 %, ожидаемое в результате введения нового эталона на солнечную радиацию, может иметь незначимое воздействие на исследования климата, поскольку оно должно применяться ко всем измерениям радиации равномерно. ВМО/ИНФКОМ следует взаимодействовать с сообществом БСРН для оценки целесообразности согласования исторических временных рядов солнечной радиации из баз данных, наиболее важных для исследований климата (БСРН, ГЕБА). Такие обсуждения должны проводиться на совещании БСРН 2022 года. При гармонизации следует адаптировать данные, прослеживаемые к эталону, предоставляемому текущей ГМУР, к масштабу, связанному с новым введенным эталоном. После проведения этой оценки должна быть выпущена окончательная рекомендация, касающаяся такой гармонизации.

Рекомендации

Экспертная группа по радиационным эталонам (ЭГ-РЭ) признает, что:

* разработка радиометра CSAR/MITRA достаточно зрела для ее внедрения в качестве нового эталона для измерения солнечной радиации, обеспечивающего сопоставимость измерений солнечной радиации с СИ с уменьшенной неопределенностью (с примерно 0,3 % до около 0,01 %, Walter et al., 2017; Винклер, 2013), что привело к повышению точности измерений абсолютной величины солнечной радиации,
* Понимание технологии, необходимой для разработки CSAR/MITRA, является адекватным для того, чтобы воспроизводить другие приборы той же самой модели радиометра с аналогичными характеристиками
* Сложность работы криогенных радиометров с резонентами, таких как CSAR/MITRA, не позволяет работать в повседневной работе и поэтому требует непрерывного использования группы радиометров для измерения температуры в окружающем воздухе (аналогично текущему ГМЭ) в качестве основного эталона переноса
* Внедрение новой эталонной солнечной радиации, основанной на CSAR/MITRA и потенциально других криогенных радиометрах, введет сдвиг по масштабу примерно на 0,3 % (новый масштаб ниже нынешнего)
* Потенциальное улучшение эталона солнечной радиации, которое будет достигнуто благодаря внедрению CSAR/MITRA, поскольку новый МРЭ был документально зафиксирован с нескольких лет (Walter et al., 2017; Винклер, 2013 г.)
* Коммерческие заинтересованные стороны в области измерений солнечной радиации (особенно в секторе солнечной энергии) призывают к скорейшему внедрению такого нового эталона по солнечной радиации

В связи с этим ГЭ-РЭ рекомендует ИНФКОМ ввести новый эталон солнечной радиации на основе артефакта, образованного CSAR/MITRA, и потенциально других криогенных резональных радиометров, как можно быстрее при условии, что выполняются четыре следующих условия:

1. Предлагаемый новый эталонный прибор (CSAR/MITRA) должен быть охарактеризован и опубликован бюджет неопределенности, предпочтительно в рецензируемой публикации для демонстрации ее эксплуатационных характеристик.
2. Предлагаемый новый эталонный прибор для измерения солнечной радиации должен сравниваться на двусторонней основе с другим криорадиометром из Национального метрологического института с КМЦ для спектральной чувствительности и опубликованных результатов сравнений.
3. В качестве основного эталона следует продолжать эксплуатировать стандартную группу радиометров в виде резонно-резональных радиометров (аналогичных существующей Группе мировых эталонов (ГМЭ)).
4. Должны быть доступны процедуры для корректировки данных измерений, прослеживаемых к текущему МРЭ для гармонизации[[1]](#footnote-2) рядов исторических данных до новой эталонной шкалы, в частности для основных климатических временных рядов.

Не ограничиваясь изменением эталона солнечной радиации, ЭГ-РЭ рекомендует далее ВМО/ИНФКОМ настоятельно призывает НМИ, радиационные центры и научно-исследовательское сообщество:

* Разработать другие независимые реализации эталона солнечной радиации, позволяющего определять солнечную радиацию в поле с точностью, сравнимой или лучше, чем ССАР/МИТРА (см. первый пункт в разделе «известные проблемы» выше)
* Реализовать второй прибор той же конструкции модели, что и CSAR/MITRA для снижения рисков, связанных с техническим сбоем прибора (см. первый параграф выше в разделе «известные проблемы»
* Продолжить исследования по CSAR/MITRA для дальнейшего повышения точности и надежности, например путем включения адаптивной коррекции дифракции, заменяемой окон CSAR и MITRA и включения датчика темного тока

ЭГ-РЭ рекомендует ВМО/ИНФКОМ настоятельно призывает Мировой радиационный центр:

* Сделать все возможное, чтобы создать вторую ССАР/МИТРА, в том числе, возможно, путем сотрудничества с/передачей технологии другим учреждениям
* Обеспечивает, чтобы группа радиометров для измерения температуры окружающей среды (аналогичная существующей ГМЭ) была сохранена для обеспечения ее продолжения в качестве основного эталона переноса (выполняющего основные условия 2 выше)
* Управляет процессом включения новых радиометров в резонаторов окружающей среды в постоянную ГМЭ (включая определение процесса включения новых приборов в постоянную ГМЭ, а также определение требований к неопределенности/стабильности)

ЭГ-РЭ, наконец, рекомендует ИНФКОМ:

* Разрабатывает и публикует краткий документ с пояснением характера изменения солнечной радиации, соответствующего смещения масштаба и его последствий, а также руководящих указаний по необходимости и методу корректировки полевых данных, измеренных с помощью прибора, прослеживаемого к текущему эталону, и выступает за прилагаемый документ с сертификатами калибровки, прослеживаемыми к новому эталону.

Другое требование

После изменения эталона солнечной радиации (обновление эталона) ГЭ-РЭ рекомендует ГЭ-РЭ описать его в свидетельствах о калибровке, прослеживаемых к новому эталону, включая описание того, каким образом сертификаты, прослеживаемые к предыдущему эталону, можно сравнить с сертификатами, прослеживаемыми к новому эталону (см. последний пункт списка в разделе «рекомендации» выше).

### Земная радиация

Возможный новый эталон для измерения земной радиации

Подход к новому предложенному эталону в первую очередь разрабатывает метод, позволяющий связывать новые инфракрасные радиометры (например, ИРИС, АКТ) с СИ. Такие новые инфракрасные радиометры, главным образом, направлены на безокессовую конструкцию с равномерной спектральной реакцией, с тем чтобы свести к минимуму ошибки спектрального несоответствия, связанные с транспонированием калибровки с использованием источника черного тела для измерений длинноволнового спектра атмосферы. Такие радиометры обычно характеризуются черными телами в центрах калибровки радиации (ВФМО/МРЦ, черный объект BB2007). Недавние двусторонние сравнения в рамках проектов МЕТЕОК-3 и 4 ЭМПИР в рамках проекта BB2007 и черного тела национального метрологического института (ППТБ), связанного со шкалой температуры СИ, с использованием различных приборов (ИРИС, пиргеометр и специальный радиационный термометр) обеспечили независимый путь прослеживаемости для BB2007 и проверили его прослеживаемость.

Известные проблемы/ограничения, связанные с возможным новым эталоном для измерения земной радиации

Сдвиг масштаба с потенциальными значительными последствиями для анализа трендов на земной радиации и, как правило, для исследований климата ожидается в случае принятия нового предложенного эталона для наземной радиации, если это изменение не будет осуществляться тщательно[[2]](#footnote-3). Точное воздействие на измерения пока не определено точно, поскольку оно зависит от климатологии (главным образом, климатологии облаков, см. следующий пункт) места измерения. Несмотря на то, что этот сдвиг, по оценкам, будет находиться в пределах неопределенности земной радиации, как это определено во время совещания Teddington (15-17 ноября 2017 г.) Целевой группы по радиационным эталонам, последствия таковы, что рекомендации должны рассмотреть этот вопрос. Такие рекомендации должны позволять смягчить неблагоприятные последствия смещения шкалы. Они должны основываться на следующей информации:

* Результаты проекта ExTrac, проведенного под руководством ПФМО/МРЦ, направленные на i) более точное оценивание влияния предлагаемого изменения земной радиации на измерения пиргеометров; "ii) разработки методов гармонизации исторических временных рядов наблюдений за земной радиацией;"
* Рекомендации совещания БСРН 2022 года (см. следующий пункт)

Последствия смещения масштаба измерений зависят от характеристик облаков, в первую очередь от количества облачности и потенциально таких факторов, как количество интегрированного в атмосферу водяного пара. Из-за этого трудно точно определить, какое влияние на сдвиг масштаба будет оказывать влияние на данные о земной радиации, измеренные с помощью коммерческих пиргеометров. Кроме того, методы гармонизации исторических временных рядов с новой эталонной шкалой еще недостаточно разработаны. Исследования климата, касающиеся земной радиации, в основном основаны на рядах данных БСРН. Таким образом, наиболее оптимальным будет центральный повторная обработка архивом БСРН с использованием единого метода повторной обработки. На совещании БСРН 2022 года следует обсудить целесообразность и наилучший метод гармонизации исторической наземной радиации БСРН (к новой эталонной шкале). После этого следует доработать окончательные рекомендации ВМО/ИНФКОМ, касающиеся гармонизации исторических данных о земной радиации в базе данных БСРН.

Согласование исторических данных, вероятно, будет задачей, требующей много времени, которая может начаться только после того, как будет выполнено изменение земной радиации. Важно, чтобы процесс этого мероприятия был определен как можно быстрее.

Рекомендации

Группа экспертов по радиационным эталонам признает, что:

* Инфракрасные радиометры IRIS, разработанные ДФМО/МРЦ, измеряют длинноволновую радиацию с расширенной неопределенностью около ±2 Вт−2 (Gröbner, 2012). Они связаны с СИ посредством характеристики черного тела с использованием как основного черного тела раздела инфракрасной радиометрии в Мировом радиационном центре, так и полусферического черного тела ПТБ, при этом последнее позволяет установить прямую связь со шкалой температуры радиации PTB. Эта методология достаточно зрела для ее введения в качестве нового эталона для наблюдений за земной радиацией.
* Абсолютный пиргеометр в полости (АКТ), разработанный NREL, позволяет определять атмосферную длинноволновую радиацию с погрешностью около ±4 Wm-2 (U95) с прослеживаемостью к si (Reda et al., 2012). Reda et al. (2012) указывают на то, что АКТ обеспечивает абсолютный эталон для калибровки пиргеометров без необходимости характеристики АКТ внутри черного тела, обеспечивая независимый метод прослеживаемости СИ.
* Новые спектрально однородные инфракрасные радиометры (ИРИС и АКТ) требуют особых условий и тщательного мониторинга во время работы, поскольку они без окна. Поэтому для оперативных калибровок требуется непрерывное использование группы эталонных пиргеометров (аналогичных существующей Группе мировых инфракрасных эталонов).
* Внедрение нового эталона для земной радиации, основанного на описанных выше методологиях, введет сдвиг масштаба примерно на +5 Вт-2 (с расширенной неопределенностью в новом масштабе порядка 2 Вт-2) для условий ясного неба (новая шкала радиации выше текущей), уменьшающаяся до нуля Wm-2 для условий сплошной облачности (см. раздел «известные проблемы» выше).

В связи с этим ГЭ-РЭ рекомендует ИНФКОМ ввести новый эталон по земной радиации на основе ИРИС (связанного с СИ посредством характеристики черного тела) и АКТ как можно быстрее при условии, что выполняются четыре следующих условия:

1. Новый(ые) эталон(ы) должен(ны) иметь прослеживаемость к СИ, например, учрежденный утвержденным возможностями калибровки и измерений (КМЦ), и должен(ны) документироваться в научной литературе с характеристиками, характеризуемыми бюджетом неопределенности. В случае, если имеется право на получение более одного нового эталона, новые эталоны должны согласовываться в рамках заявленных неопределенностей в международных сравнениях.
2. Стандартная группа эталонных пиргеометров (аналогичная существующей Группе мировых ИК-эталонов (ВИСГ)) должна по-прежнему эксплуатироваться в качестве основного передаточного эталона с обновленной калибровкой в отношении новых эталонов, следующих за современными методами метрологии.
3. Должны быть доступны процедуры для корректировки данных измерений, прослеживаемых к текущему ИГВ, для согласования с новой эталонной шкалой, в частности для основных климатических временных рядов.
4. БСРН должна сделать обязательной запись необработанных данных пиргеометра (чистый ИК-сигнал в вольтах и температуре), используя вновь определенную логическую запись LR4000 и BSRN, следует изучить, сколько станций способны обеспечивать эту запись для исторических данных.

Не ограничиваясь изменением радиационного эталона на суше, ЭГ-РЭ рекомендует далее ВМО/ИНФКОМ настоятельно призывает НМИ, радиационные центры и научно-исследовательское сообщество:

* Дальнейшее совершенствование и описание понимания этих двух реализаций, предложенных для наземного эталона . Знания, накопленные в течение десятилетия после выпуска ИРИС и АКТ, должны публиковаться в виде вкладов в рецензируемые журналы, предпочтительно в области метрологии, особенно в отношении улучшения понимания точности этих приборов и их прослеживаемости к СИ. Несмотря на то, что ИРИС и АКТ согласуются в рамках заявленных неопределенностей, сообщество должно провести дальнейшие исследования, с тем чтобы уменьшить эти неопределенности и лучше охарактеризовать различия между эталонами.
* Провести больше исследований, чтобы понять расхождения, наблюдаемые между различными приборами пиргеометра (даже одного типа) во время очень сухих атмосферных условий (интегрированный водяной пар ниже примерно 10 мм).

ЭГ-РЭ рекомендует ИНФКОМ настоятельно призывает Мировой радиационный центр:

* Обеспечить сохранение существующей ВИСГ для обеспечения ее продолжения в качестве основного стандарта передачи данных (выполняющего условия 1 выше).
* Управляет процессом включения дополнительных пиргеометров в состав ИСВ для обеспечения того, чтобы в него всегда было включено достаточное количество пиргеометров, даже если более старые пиргеометры ИСВ не будут работать. Другие модели, нежели модели, уже присутствующих в ИСВ, должны рассматриваться для включения в ИСВ.

ЭГ-РЭ, наконец, рекомендует ИНФКОМ:

* "взаимодействует с БСРН для содействия усилиям под руководством БСРН по гармонизации ее рядов наблюдений за земной радиацией, особенно для обеспечения *наличия адекватных ресурсов* для таких усилий в Мировом центре радиационного мониторинга БСРН (РМЦ) и других международных центрах баз данных;"
* "разрабатывает и публикует краткий документ с пояснением характера изменения земной радиации, соответствующего смещения масштаба и его последствий, а также руководящих указаний по необходимости и методу корректировки полевых данных, измеренных с помощью прибора, прослеживаемого к текущему эталону, и выступает за прилагаемый документ с сертификатами калибровки, прослеживаемыми к новому эталону;"

Другое требование

После изменения наземного радиационного эталона (обновление эталона) ГЭ-РЭ рекомендует ГЭ-РЭ описать его в свидетельствах о калибровке, прослеживаемых к новому эталону, включая описание того, каким образом сертификаты, прослеживаемые к предыдущему эталону, могут сравниваться с сертификатами, прослеживаемыми к новому эталону (см. последний пункт списка в разделе «рекомендации» выше).

Ссылки

Консультативный комитет по фотометрии и радиометрии (2021 г.). Приложение 2: Mise en pratique для определения канделы и соответствующих производных единиц для фотометрических и радиометрических величин в СИ (с. 5). В Le Système international d'unités/ The International System of Units (Международная система единиц) (Брошюра по СИ). Павильон-де-Бретей, Севр, Франция: Бюро международных программ и мер. Доступно на <https://www.bipm.org/documents/20126/41489685/SI-App2-candela.pdf> (по адресу: 25.02.2022).

Грёбнер, Дж. (2012). Переносный эталонный радиометр для измерений длинноволновой радиации в атмосфере. *Метрология*. **49**:2, S105-S111, doi:[10.1088/0026-1394/49/2/s105](https://dx.doi.org/10.1088/0026-1394/49/2/s105).

Като, С., Ф. Г. Роуз, Д. А. Рутан, Т. Дж. Торсен, Н. Г. Лоб, Д. Р. Доеллинг, X. Хуан, В. Л. Смит, В. Су, и С.-Г. Ham, 2018: Surface rradiances of Edition 4.0 Clouds and the Earth's Radiant Energy System (CERES) Energy Balanced and Filled (EBAF) Data product (EBAF) Data product(EBAF) Data Product, *J. Climate*, **31**, 4501-4527 doi:[10.1175/JCLI-D-17-0523.1](https://dx.doi.org/10.1175/JCLI-D-17-0523.1).

Реда, И., Дж. Джинан, З. Шуч, Л. Ханссен, Б. Вильтан, Д. Майерс и Т. Стоффель (2012). Абсолютный резональный пиргеометр для измерения абсолютной длинноволновой радиации вне атмосферы с прослеживаемостью к международной системе единиц СИ. *Дж. Атмос. Солнечный-Терр Физикос.*  **77**, 132-143, doi:[10.1016/j.jastp.2011.12.011](https://dx.doi.org/10.1016/j.jastp.2011.12.011).

Вальтер, Б., Уинклер, Р., Графер, Ф., Финстерл, В., Фокс, Н., Ли, В., и Шмутц, В. (2017 г.). Измерения прямой солнечной радиации с криогенным солнечным абсолютным радиометром, материалы Конференции AIP 1810, 080007, doi:[10.1063/1.4975538](https://dx.doi.org/10.1063/1.4975538).

Wild, M., 2020: Глобальный энергетический баланс, представленный в климатических моделях ПССМ6.  *Клим. Дин.* , **55**, 553-577, doi:[10.1007/s00382-020-05282-7](https://dx.doi.org/10.1007/s00382-020-05282-7).

Винклер, Р. (2013). Криогенный солнечный абсолютный радиометр , потенциальный стандарт СИ для солнечного излучения. Докторскую диссертацию, Университетский колледж Лондона, СК.

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

1. Гармонизация используется вместо гомогенизации для того, чтобы отличить процесс применения поправок к историческим данным для компенсационных изменений масштаба, вызванных опорными изменениями в процессе обеспечения однородности рядов данных с помощью различных средств (например, статистическая гомогенизация). [↑](#footnote-ref-2)
2. Wild (2020) рассмотрел представление энергетического баланса в последнем поколении климатических моделей (ПССМ6), используемом для доклада ОД6 МГЭИК. В поколении ПССМ6 мультимодельное глобальное среднее значение длинноволновой радиации согласуется с наилучшей оценкой эталонных наблюдений (БСРН). Для всех условий неба среднее значение ПССМ6 на 2 Втм-2 выше, чем наилучшая оценка, полученная по данным БСРН, и 4 Wm-2 выше при ясном небе (рисунки 5 и 13, Wild, 2020). Значение мультимоделя ПССМ6 также выше и лучше согласуется с наблюдениями, чем среднее среднее значение предыдущего поколения ПССМ5 (на 4 Wm-2 для всех неба и 3 Wm-2 для ясного неба, модельное сообщество, оценивающее климатические модели в сопоставлении с данными приземных наблюдений как для безоблачного, так и для потоков все небо). Предполагая, что изменение в длинноволновых эталонах приведет к смещению наилучшей оценки БСРН примерно на 2 Wm-2 для всего неба и приблизительно на 5 Wm-2 для ясного неба, согласие между средним значением мультимоделя ПССМ6 и эталоном наблюдений было бы почти идеальным, в то время как среднее значение мультимоделя ПССМ5 будет и дальше от эталона. Неясно, является ли она значительной или из-за случайности, поскольку отдельные модели по-прежнему показывают неудовлетворительное большое распространение как во всем небе, так и в безоблачном небе нисходящей длинноволновой радиации, которая превышает 20 Втм-2 даже на глобальной средней основе (рисунок 5, Wild, 2020). Мультимодельное стандартное отклонение ПССМ6 составляет около 5 Втм-2. Кроме того, влияние длинноволнового эталонного изменения также может быть существенным, поскольку наблюдения за поверхностным излучением используются для валидации спутниковой продукции. Например, Kato et al. (2018) показывают, что среднее отклонение среднемесячных значений длинноволновой радиации от продукции спутниковых данных составляет +1,0 Вт-2 над океаном и 0,0 Вт-2 над сушей. Наблюдения над сушей, используемые в исследовании, в основном относятся к пунктам БСРН. Степень, в которой наблюдаемое нисходящее длинноволновое излучение будет зависеть от эталонного изменения длинноволнового излучения, зависит от условий неба (например, фракции облаков или водяной воды, выпадающей в виде осадков), и того, каким образом каждый пиргеометр был откалиброван. Поэтому трудно оценить воздействие без дополнительной информации. Однако до 5 Вт-2 значительно больше среднего среднемесячного отклонения длинноволнового излучения от спутниковой продукции. [↑](#footnote-ref-3)