

УДК 551.583:528.83

ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВЛЯЮЩИХ РАДИАЦИОННОГО БАЛАНСА ЗЕМЛИ В СГУ

Ю.А. Складаров, доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой метеорологии и климатологии, СГУ
Ю.И. Брйчков, кандидат физико-математических наук,
директор НИИ механики и физики СГУ

E-mail: sklyarov@sgu.ssu.runnet.ru

Приведены данные о разработанных и созданных в СГУ приборах для прецизионных измерений составляющих радиационного баланса Земли наземного, аэростатного и космического применения. Кратко изложены основные результаты, полученные в ходе их эксплуатации, а также итоги их анализа.

Работа выполнена при частичной поддержке грантами Сороса и Правительства РФ, РФФИ (проекты №№ 97-05-65579, 00-05-64798, 01-05-06112, 02-05-06499), ГНТП Астрономия (проект №1.5.3.5), СМЦПИ (проект №99-2-01).

Investigation of the Earth radiation balance components in Saratov State University

Yu.A. Sklyarov, Yu.I. Brichkov

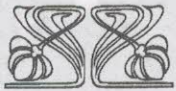
The information about devices for precision measurements of the Earth radiation balance components for ground, balloons and space application developed at SSU was given. The basic results of investigation received during its work and analyses were briefly reported.

В НИИ механики и физики, на физическом факультете и кафедре метеорологии и климатологии географического факультета Саратовского государственного университета получили развитие работы по созданию прецизионных актинометрических измерительных приборов, а также по проведению измерений различных составляющих радиационного баланса с поверхности Земли и летательных аппаратов.

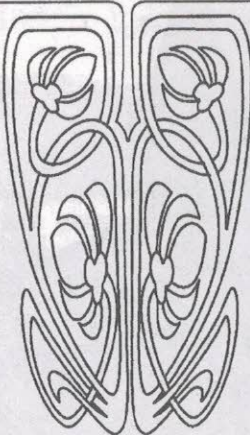
1. На первом этапе это были работы по прецизионной пиргелиометрии. С конца 40-х годов в СГУ проводились исследования радиационного баланса подстилающей поверхности в условиях засушливого Заволжья, был организован ряд экспедиций. В это же время П.В.Вьюшковым был впервые предложен оригинальный пиргелиометр, основанный на болометрическом методе измерения радиационных потоков. В 50-х годах разработан высокочувствительный болометрический приемный элемент и методика его изготовления. На базе таких приемных элементов созданы рабочие макеты пиргелиометра и проведены исследования [1, 2], показавшие ряд преимуществ болометрического метода для абсолютных измерений прямой солнечной радиации.

В 60-х годах была разработана и изготовлена группа болометрических пиргелиометров из трех образцов, проведены исследования и оценки систематических погрешностей [3, 4] для установления уровня их шкалы. Сравнение различных образцов друг с другом показали хорошее совпадение их шкал, а сравнение с эталонным пиргелиометром Ангстрема № 212 - устойчивость шкал отдельных образцов. Данные работы привлекли внимание научной общественности, и с начала 70-х годов исследования в этом направлении проводились по договорам с Главной геофизической обсерваторией им. А.И. Воейкова (ГГО) Госкомгидромета, затем со Всесоюзным НИИ оптико-физических измерений (ВНИИОФИ) Госстандарта, другими организациями, а также по госбюджету Минвуза.

В результате выполнения этих работ был создан ряд моделей болометрических пиргелиометров с плоским и полостным приемными элементами, проведены всесторонние исследования по оценке их систематических погрешностей и обоснованию уровня шкалы с целью получения независимого эталонного прибора (см., например, [5-11]).



НАУЧНЫЙ
ОТДЕЛ





Об огромном интересе к данной теме можно судить по тому, что, например, уже первая крупная теоретическая работа «Расчет некоторых ошибок болометрического пиргелиометра» [4] была в том же году переведена и издана в НАСА (США) отдельной брошюрой [12]. В дальнейшем были рассмотрены такие общие для пиргелиометров вопросы, как учет термического сопротивления покрытий (для плоского, а затем и для полостного приемного элемента), оценки краевых эффектов, рассеянного света в апертурной трубе, влияния диафрагм, замены излучения на приемный элемент шторы (фаза: труба закрыта) излучением столба атмосферы в апертуру трубы пиргелиометра и другие. Разработаны и изготовлены различные варианты систем автоматической компенсации мостовой схемы. Отличительными особенностями данных пиргелиометров являются высокая точность измерений, небольшие габариты и масса, удобная компоновка. Весь пиргелиометр выполнен одним блоком. Апертурная труба с приемником радиации и устройством смены фаз (тень - солнце) размещена на следящей за Солнцем экваториальной установке, движение по часовому углу осуществляется посредством электромотора с редуктором. Имеется возможность ручной подстройки по склонению и часовому углу. Экваториальная установка расположена на корпусе с пультом управления, внутри которого размещен блок электроники.

Ю.А.СклЯров с одним из приборов этого типа, пиргелиометром ПВС-5 (рис. 1), участвовал в IV Международных сравнениях пиргелиометров в Давосе (Швейцария, 1975) [13]. По своим показаниям он был близок к группе зарубежных полостных абсолютных радиометров, образовавших в дальнейшем Мировой радиометрический эталон. Различные модели пиргелиометров переданы в ГГО для эксплуатации. Группа пиргелиометров ПВС-8 внедрена во ВНИИОФИ в состав Государственного специального эталона энергетической освещенности солнечным излучением и рабочего эталона с экономическим эффектом 648 тыс. руб. (1984). В Саратовском университете хранится и функционирует рабочая группа пиргелиометров. После создания Мирового радиометрического эталона все болометрические пиргелиометры привязаны к нему через эталонный пиргелиометр Гидрометслужбы, который находится в ГГО и с которым проводятся регулярные сличения. Два контрольных пиргелиометра из этой группы аттестованы как образцовые измерительные средства I разряда.

Следует отметить, что разработанный метод и техника для измерений потоков прямой

солнечной радиации нашли применение при измерениях как непрерывного, так и импульсного излучений лазеров и СВЧ-излучений (в этом направлении опубликовано 6 работ и создано два экспериментальных образца измерителей).

2. В процессе проведения перечисленных работ возникла проблема учета влияния около-солнечной рассеянной радиации (ореола) на показания пиргелиометров, имеющих различную апертуру. Для ее решения был разработан и создан оригинальный ореольный актинометр с переменной апертурой, значительно превосходящий по своим характеристикам известные приборы такого же назначения (см., например, [14-18]). С его помощью в течение нескольких лет наблюдений получены новые материалы о распределении интегральной яркости около-солнечного неба, а также о его изменчивости со временем, атмосферной массой в направлении на Солнце, характеристиками мутности атмосферы. Найдены эмпирические закономерности распределения яркости ореола. На основе полученных данных произведены вычисления вклада околосолнечной радиации в показания

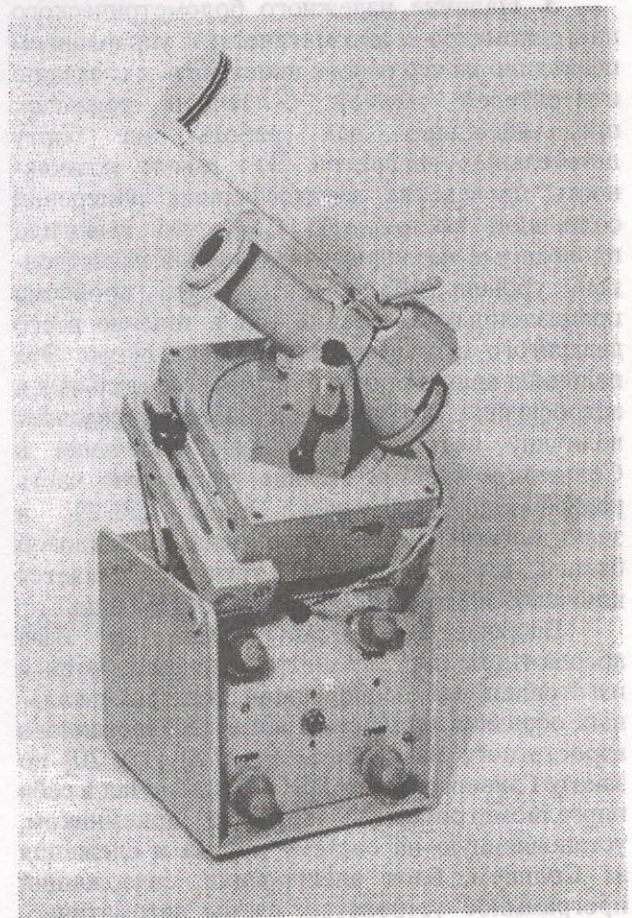


Рис. 1. Пиргелиометр ПВС-5 (IV Международные сравнения пиргелиометров, Швейцария)

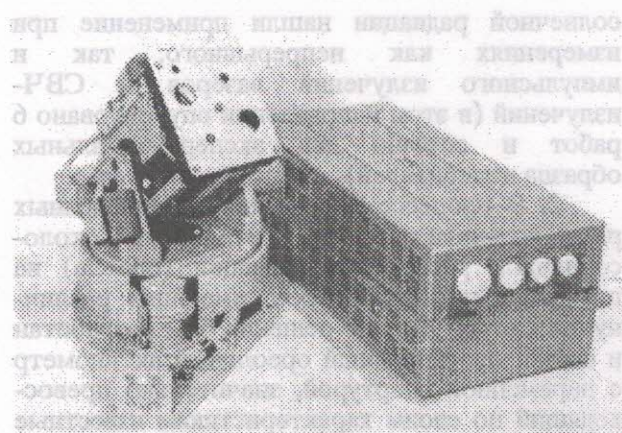


Рис. 2. Опытный образец аэростатной системы «Измеритель солнечной постоянной»

всех основных типов современных отечественных и зарубежных пиргелиометров и абсолютных радиометров. Проведены исследования корреляционных связей различных характеристик мутности атмосферы друг с другом, а также с яркостью околосолнечного ореола и с ореольными вкладами в показания пиргелиометров.

3. Наличие надежного болометрического пиргелиометра с автоматическим управлением позволило на его основе приступить к созданию измерителей прямой солнечной радиации, предназначенных для работы на борту летательных аппаратов. Это давало возможность проведения заатмосферных измерений солнечной постоянной (СП), что выводило проводимые исследования на новый качественный уровень. Дело в том, что проблема прецизионных измерений СП в течение всего двадцатого столетия стояла очень остро. Эта величина является одной из фундаментальных в астрофизике и геофизике. Она определяет величину потоков солнечного излучения в Солнечной системе вообще, приходную часть радиационного баланса Земли (РБЗ), в значительной части вносит вклад в тепловой баланс аэрокосмической техники, является ключевой для ряда проблем физики Солнца.

Впервые в нашей стране на базе абсолютного пиргелиометра был разработан и изготовлен ряд модификаций экспериментальных образцов полностью автоматизированного аэростатного измерителя (рис. 2) [19, 20] по заказу Главного штаба ВВС. Он включал в себя пиргелиометрическую трубу с приемником, установленную на систему поиска и слежения за Солнцем, блок электроники, содержащий программное устройство, схемы автоматического управления, цифровой вольтметр, запоминающие регистры. Информация записывалась на бортовой носитель. В 1979-1980 годах была

произведена серия подъемов измерителей на высоту 28-34 км, в результате чего получены значения потоков прямой солнечной радиации в стратосфере, после внесения соответствующих поправок проведены оценки «солнечной постоянной».

4. Следующим этапом явилось проведение опытно-конструкторской работы и изготовление спутниковой системы «Измеритель солнечной постоянной» (ИСП) (рис. 3). Он представляет собой автоматическую систему, содержащую рабочий и калибровочный измерительные каналы. В основном режиме работы аппаратуры измерения производятся рабочим каналом ежедневно, а калибровочный канал играет роль бортового эталона и включается по командам с Земли для периодических проверок рабочего канала. Каждый измерительный канал имеет свою систему автокомпенсации. Оба приемника излучения смонтированы в едином измерительном блоке, размещенном на приводе системы поиска и слежения (весь комплект образует наружный блок, который располагается вне герметичного объема спутника). Электронная аппаратура расположена в блоке электроники, размещенном внутри герметичного объема. Метрологическая аттестация ИСП заключалась в привязке показаний обоих каналов к шкале Мирового радиометрического эталона через рабочий эталон и образцовые пиргелиометры Госкомгидромета. С июля по декабрь 1983 года система ИСП функционировала на ИСЗ серии «Космос», итоги подведены в работах [21, 22]. Результаты измерений соответствуют данным, полученным в США при проведении подобных исследований. Следует отметить, что для выполнения аэростатных и спутниковых исследований был выбран принцип и создана двухосная система автоматического поиска и слежения за Солнцем.

5. С середины 80-х годов ведутся работы по созданию спутниковой аппаратуры для измерения и двух других составляющих радиационного баланса системы «Земля - атмосфера»: отраженной коротковолновой солнечной радиации и уходящего собственного длинноволнового излучения Земли. Разработано и изготовлено несколько вариантов спутникового измерителя коротковолновой отраженной радиации (ИКОР) [23, 24]. Приемник ИКОР имеет два идентичных приемных элемента: рабочий и компенсирующий. Рабочий приемный элемент закрыт стеклянным сферическим светофильтром, как и обычный пиранометр. Весь приемник вакуумирован. Имеется блок электроники, обеспечивающий автоматическое управление работой и съем информации.



Благодаря оригинальному принципу действия и выбранным конструктивным решениям в ИКОР полностью отсутствуют или существенно снижены погрешности измерений, характерные для имеющихся пиранометров.

В 1990-1991 годах ИКОР дважды работал в составе бортовой аппаратуры аэростата в условиях свободного полета на высоте примерно 30 000 м: первый раз в течение трех суток, второй раз - семи. Отсчеты производились круглосуточно через каждые 2 мин, имеются большие ряды измерений отраженного излучения. В результате их обработки вычислены значения уходящего коротковолнового излучения и альbedo вдоль трассы полета, отнесенные к верхней границе атмосферы. Анализ данных подтверждает среднестатистические модели направленного альbedo, полученные в США по измерениям с ИСЗ [24].

6. В 1993 году завершено создание спутникового измерителя солнечной постоянной второго поколения ИСП-2. Он также имеет два измерительных канала и от своего предшественника отличается улучшенными эксплуатационными качествами и меньшей массой.

В 1994-1995 годах ИСП-2 и ИКОР, объединенные общими источниками питания, схемами управления и съема информации в одну систему под общим названием ИСП-2, работали в составе совместного российско-французского эксперимента на ИСЗ «Метеор-3» №7 [25] (рис. 4). В 1998-1999 годах второй улучшенный комплект этой аппаратуры функционировал в аналогичном российско-французском эксперименте на ИСЗ «Ресурс-01» №4. Результаты измерений радиометров ИСП и ИСП-2 опубликованы в нашей стране и за рубежом. Разница с основными рядами зарубежных измерений невелика, менее 0.2 %. Обсуждение полученных данных имеется также в наших обзорах (см., например, [26]).

Одним из наиболее важных результатов измерений со спутника «Метеор-3» №7 является обнаружение возбуждения осцилляций солнечного потока при резком и кратковременном (несколько дней) изменении солнечной активности [27]. Периоды осцилляций составляют 6-15 мин, амплитуда - до 0.05 % от величины солнечного потока. Появление и затухание осцилляций происходит практически синхронно с нарастанием и уменьшением индексов солнечной активности.

Аппаратура ИКОР работала на этих ИСЗ вместе соответственно с первой и второй летной моделями французского проекта ScaRaB, а Ю.А.Скляр в 1995 году избран в состав Международной научной рабочей группы этого проекта.

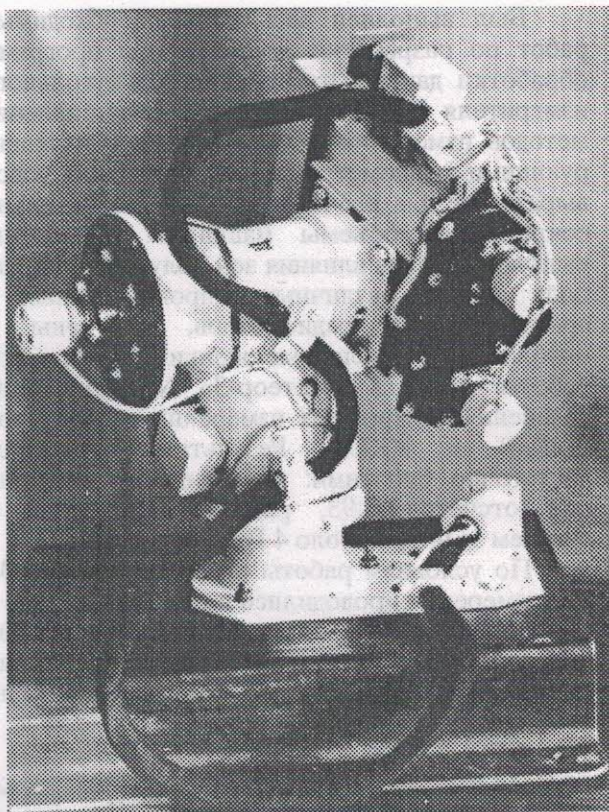


Рис. 3. «Измеритель солнечной постоянной» (ИСП), 1983 г., спутник «Космос - 1484»

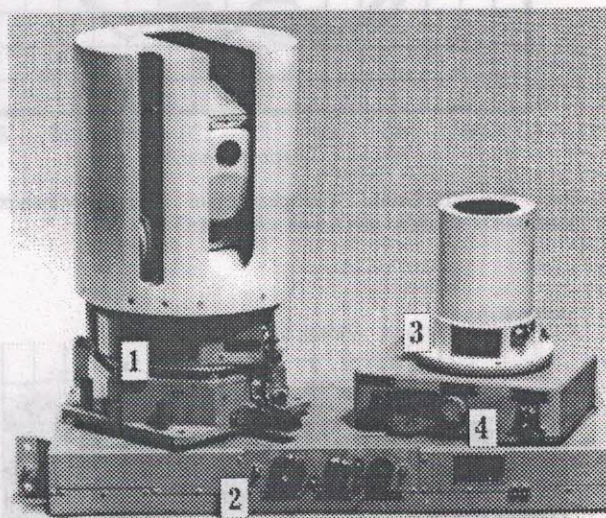


Рис. 4. Комплект аппаратуры «Измеритель солнечной постоянной» второго поколения на ИСЗ «Метеор-3» №7 1994-1995 гг. (Авторское свидетельство СССР № 1009179). 1 - блок наружный с солнечными каналами и следящей системой ИСП-2; 2 - блок электроники ИСП-2; 3 - блок наружный ИКОР; 4 - блок электроники ИКОР

Был выполнен весь объем необходимых работ по разработке алгоритмов и программ обработки данных измерений среднеугольного измерителя ИКОР. Проведено сопоставление методов измерений сканирующими и несканирующими радиометрами [28], получено новое выражение для расчетов альbedo, значительно сократившее объемы машинной обработки, выполнен анализ влияния зон полутени на краю поля зрения различных широкоугольных и среднеугольных радиометров, получены и опубликованы численные оценки [29]. В период работы на ИСЗ «Метеор-3» №7 проведены сравнения синхронных измерений аппаратурой ScaRaV и ИКОР. Результаты оказались достаточно близкими: коэффициент корреляции отсчетов 0,93, разность показаний в среднем за виток около $4 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{ср}^{-1}$.

По условиям работы на ИСЗ «Метеор-3» №7 измерения проводились в режиме 2 витка в сутки. На основе созданного банка данных получены среднемесячные кривые широтных распределений альbedo за несколько месяцев по

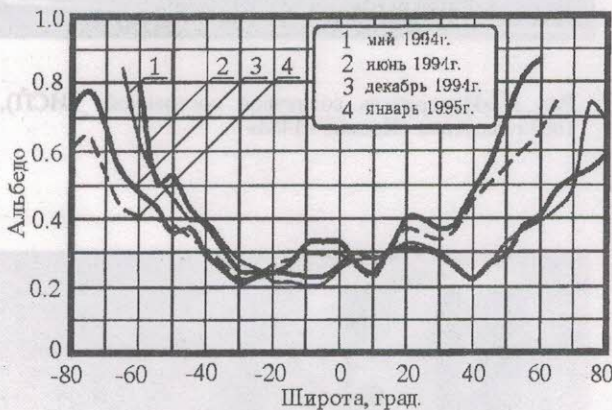


Рис. 5. Широтное распределение среднемесячных зональных альbedo для пояса «Африка»

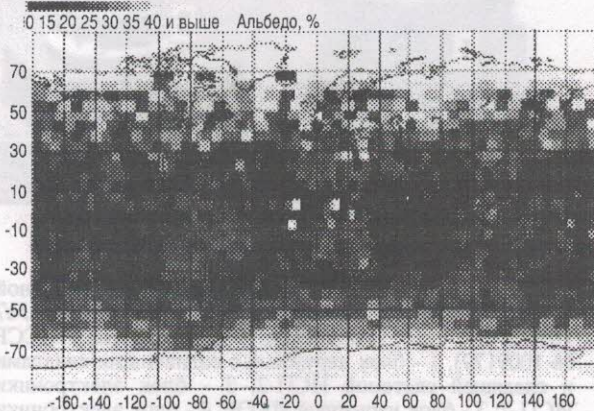


Рис. 6. Карта глобального распределения среднемесячного альbedo в декабре 1998 года

трем долготным регионам. Рис. 5 в качестве примера иллюстрирует распределения альbedo по региону «Африка». Детальный анализ полученных данных опубликован в ряде работ (см., например, в [30]).

На ИСЗ «Ресурс-01» №4 была обеспечена круглосуточная регистрация результатов измерений. Это дало возможность построения глобальных карт распределения УКР и альbedo. Обработка материалов продолжается, первые предварительные итоги представлены в [31, 32], а пример карты глобального распределения альbedo - на рис. 6. В настоящее время получены предложения об участии в новых программах спутниковых исследований на малоразмерных и геостационарных ИСЗ (соответственно НИИ электромеханики и Научный центр оперативного мониторинга Земли Российского авиационно-космического агентства). Стоит отметить, что наши измерения с ИСЗ величин СП и уходящей коротковолновой радиации являются вообще единственными в СССР и России.

В связи с исследованиями СП значительное внимание уделялось проблеме солнечно-земных связей. Несколько работ опубликовано совместно с медиками. На значительном по объему материале были выявлены корреляции различной величины (или их отсутствие) ряда заболеваний с солнечной активностью. В монографии [33] рассмотрены различные механизмы космических воздействий на Землю. В частности, на собранном нами материале 100-летних рядов температуры и осадков для 11 городов СССР исследовались периодичности, тренды температуры. Переменность потока излучения Солнца и его возможного влияния на глобальный климат обсуждались в ряде публикаций (см., например [34, 35]).

7. Наряду с изучением интегральных потоков радиации, ведутся работы по созданию аппаратуры, предназначенной для измерения прямого солнечного излучения в отдельных участках спектра. Это необходимо для исследований осцилляций яркости Солнца, уточнения спектрофотометрической солнечной постоянной, а также для контроля за содержанием аэрозоля и некоторых малых газовых составляющих атмосферы (например, водяного пара, озона, оксида азота). Завершены разработка и изготовление солнечного фотометра на основе кремниевого фотодиода [36]. Его основными достоинствами являются:

- наличие пяти независимых измерительных каналов;
- термостабилизация приемников каждого измерительного канала, что позволяет проводить измерения при одной заданной температуре фотодиодов и интерференционных светофильтров;

- возможность одновременной регистрации излучения всеми пятью каналами.

Все это позволяет существенно повысить точность измерений по сравнению с имеющимися аналогами.

По материалам исследований опубликовано в нашей стране и за рубежом свыше 100 работ, монографии [33, 37], одна из которых издана также на английском языке [38]. Результаты регулярно докладывались на всесоюзных и международных научных конференциях. Основные технические решения защищены двенадцатью авторскими свидетельствами и патентами на изобретения.

В настоящее время, наряду с работами по подготовке к участию в новых спутниковых и

аэростатных проектах, проводятся теоретические исследования методов обработки измерений, оценки наблюдаемости земной поверхности с ИСЗ, вопросов солнечно-земных связей.

Работы по созданию прецизионной измерительной аппаратуры проводились нами по государственным и ведомственным программам, поддержаны рядом грантов. За эти работы первый из соавторов награжден золотой и серебряной медалями ВДНХ, медалью им. Ю.А.Гагарина, второй - бронзовой медалью ВДНХ, коллектив лаборатории астрономических и геофизических исследований НИИМФ СГУ - дипломом Федерации космонавтики СССР им. Ю.А. Гагарина.

Библиографический список

1. Вьюшков П.В., Ридель Е.А. О болометрическом пиргелиометре для абсолютных измерений прямой солнечной радиации // *Астроном. журнал*. 1957. Т. 34, вып.3. С. 490-492.
2. Скляр Ю.А. О болометрическом пиргелиометре П.В. Вьюшкова. // *Научный ежегодник СГУ за 1954 г. Саратов: Изд-во СГУ, 1955. С. 633-636.*
3. Вьюшков П.В., Скляр Ю.А. Болометрический пиргелиометр как эталонный прибор для абсолютных измерений прямой солнечной радиации // *Астроном. журнал*. 1964. Т. 41, вып.3. С. 555-558.
4. Скляр Ю.А. Расчет некоторых ошибок болометрического пиргелиометра // *Труды ГГО. 1964. Вып. 152. С. 81-89.*
5. Бричков Ю.И., Грищенко С.В., Скляр Ю.А. Бесконтактный метод измерения термического сопротивления поглощающих покрытий приемников излучения // *Метрология*. 1978. №7. С. 36-39.
6. Войтюк Е.В., Скляр Ю.А. Оценка краевых эффектов приемников радиации пиргелиометров // *Радиационные процессы в атмосфере и на земной поверхности*. Л.: Гидрометеоиздат, 1974. С. 308-311.
7. Войтюк Е.В., Скляр Ю.А. Расчет некоторых ошибок болометрического пиргелиометра Ч.2 // *Вопросы климата и погоды Нижнего Поволжья*. 1973. Вып.1 (8). С. 142-151.
8. Голубь Н.Б., Грищенко С.В., Предтеченский А.В., Сахаров В.К., Скляр Ю.А. Болометрические пиргелиометры с плоским и полостным приемниками радиации // *Радиационные процессы в атмосфере и на земной поверхности*. Л.: Гидрометеоиздат, 1979. С. 73-76.
9. Скляр Ю.А. О новой шкале абсолютных измерений прямой солнечной радиации // *Радиационные процессы в атмосфере и на земной поверхности*. Л.: Гидрометеоиздат, 1979. С. 64-67.
10. Скляр Ю.А. Измеритель солнечной радиации. А.с. № 830143 // *Бюлл. № 18. 1981.*
11. Скляр Ю.А. Болометрический пиргелиометр. А.с. № 1009179 // *Бюлл. № 12. 1983.*
12. Sklyarov Yu.A. Calculation of certain errors of bolometric pyrheliometer. Publ. NASA. T.T. F.-321. Washington, 1965. 13 p.
13. Results of Fourth International Pyrheliometer Comparisons. Working Report № 58. Davos-Zurich, 1976.
14. Бричков Ю.И., Скляр Ю.А. Актинометр для измерения распределения яркости околосолнечного ореола. А. с. № 640602 // *Бюлл. № 33. 1979.*
15. Бричков Ю.И., Скляр Ю.А. К определению ореольного эффекта пиргелиометров // *Труды ГГО. 1976. Вып. 370. С. 27-38.*
16. Бричков Ю.И., Скляр Ю.А. О вкладе околосолнечной радиации в показания пиргелиометров // *Астроном. циркуляр*. 1978. № 1008. С. 4-5.
17. Бричков Ю.И., Скляр Ю.А. Актинометр с переменной апертурой для измерения распределения яркости в околосолнечном ореоле // *Труды ГГО. 1978. Вып. 406. С. 13-20.*
18. Бричков Ю.И., Голубь Н.Б., Кудряшова Т.И., Луконина О.И., Скляр Ю.А. Результаты совместных измерений околосолнечной рассеянной радиации и характеристик мутности атмосферы. Ч.2 // *Материалы XII Совещания по актинометрии*. Иркутск, 1984. С. 210-212.
19. Предтеченский А.В., Скляр Ю.А. Болометрический пиргелиометр с автоматической компенсацией // *Труды ГГО. 1976. Вып. 370. С. 3-11.*
20. Предтеченский А.В., Скляр Ю.А. Измерение потоков прямой солнечной радиации в стратосфере // *Тезисы докладов XI Всесоюзного совещания по актинометрии*. Ч. II. Приборы и методы наблюдений. Таллин, 1980. С. 21-24.
21. Борисенков Е.П., Кмито А.А., Скляр Ю.А. Бричков Ю.И., Клеванцова В.А., Туляков В.В., Предтеченский А.В. Измерения солнечной постоянной // *Метеорология и гидрология*. 1986. № 2. С. 5-11.
22. Sklyarov Yu.A., Bricchkov Yu.I., Vorobyov V.A., Bryantsev I.I. Development of a solar constant measurement programme // *Metrologia*. 1991. Vol. 28. PP. 275-279.
23. Скляр Ю.А., Бричков Ю.И., Воробьев В.А., Сазонов Л.Б. Спутниковый измеритель коротковолновой отраженной радиации и его исследования // *Метеорология и гидрология*. 1992. № 6. С. 106-110.
24. Скляр Ю.А., Бричков Ю.И., Воробьев В.А., Попова Е.П., Сазонов Л.Б. Аэростатные измерения уходящей коротковолновой радиации // *Исследование Земли из космоса*. 1994. № 1. С. 11-20.
25. Скляр Ю.А., Бричков Ю.И., Воробьев В.А., Котума А.И., Пахомов Л.А., Фейгин В.М. Измеритель солнечной постоянной второго поколения на спутнике «Метеор-3» №7 // *Исследование Земли из космоса*. 1995. № 4. С. 17-23.
26. Скляр Ю.А., Бричков Ю.И., Котума А.И. Солнечная постоянная // *Известия Академии Наук. Серия Физическая*. 1998. Т.62. № 6. С. 1186-1191.
27. Скляр Ю.А., Двинских В.А., Бричков Ю.И., Воробьев В.А., Котума А.И. Поиск осцилляций интегрального солнечного потока по наблюдениям со спутника «Метеор-3» №7 // *Письма в Астрон. журн*. 1997. Т. 23, № 10. С. 771-778.



28. Скляров Ю.А., Бричков Ю.И., Воробьев В.А. О двух методах спутниковых измерений уходящих радиационных потоков // Исследование Земли из космоса. 1993. № 6. С. 3-11.
29. Скляров Ю.А., Бричков Ю.И., Воробьев В.А., Котума А.И. Об обработке данных спутниковых измерений уходящих радиационных потоков широкоугольными радиометрами // Исследование Земли из космоса. 1996. №3. С. 48-56.
30. Скляров Ю.А., Бричков Ю.И., Воробьев В.А., Котума А.И. Измерения уходящего коротковолнового излучения и альbedo радиометром ИКОР с ИСЗ «Метеор-3» №7 // Исследование Земли из космоса. 1999. № 2. С. 15-26.
31. Скляров Ю.А., Бричков Ю.И., Котума А.И., Фомина Н.В., Фейгин В.М., Липовецкий В.А. Радиометрические измерения с ИСЗ «Ресурс-01» № 4 // Исследование Земли из космоса. 2000. № 3. С. 58-62.
32. Sklyarov Yu.A., Brichkov Yu.I., Vorobyov V.A., Kotuma A.I., Fomina N.V. Radiometric measurements from russian satellites «Meteor-3» № 7 and «Resurs-01» № 4 // Current problems in atmospheric radiation. Proc. of Int. Radiation Simpos. Ed. W.L.

- Smith and Yu.M. Timofeyev. Deepak Publ. 2001. Hampton VA USA. PP. 571-574.
33. Дмитриев А.А., Скляров Ю.А., Шабельников А.В., Соколова Л.П., Полянская Е.А. Изменчивость осадков, температуры и солнечная активность / Под ред. Ю.А.Склярова. Саратов: Изд-во СГУ, 1990. 112 с.
34. Скляров Ю.А., Двинских В.А., Бричков Ю.И., Котума А.И. Переменность потока излучения Солнца и ее земные проявления // Исследование Земли из космоса. 1998. № 6. С. 40-46.
35. Скляров Ю.А. Проблема оценки многолетнего тренда солнечной постоянной и его связи с глобальной температурой // Исследование Земли из космоса. 2001. № 6. С. 11-17.
36. Скляров Ю.А., Бричков Ю.И., Бранцев И.И. Пятиканальный солнечный фотометр // Тезисы докладов V Совещания по атмосферной оптике. Томск, 1991. С. 96.
37. Кмито А.А., Скляров Ю.А. Пиргелиметрия. Л.: Гидрометеиздат, 1981. 232 с.
38. Kmito A.A., Sklyarov Yu.A. Pyrheliometry. New Delhi: Oxonian Press, PVT. LTD, 1987. 236 p.

УДК 551.583

ПРОБЛЕМА ГЛОБАЛЬНОГО И РЕГИОНАЛЬНОГО ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

Ю.А. Скляров, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой метеорологии и климатологии СГУ
Г.Ф. Иванова, кандидат географических наук, доцент кафедры метеорологии и климатологии СГУ

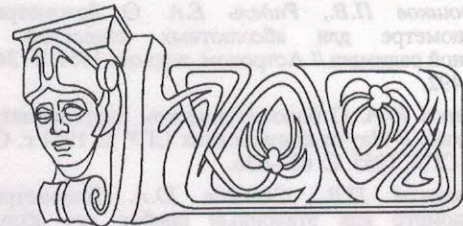
E-mail: sklyarov@sgu.ssu.runnet.ru

В статье рассматриваются основные факторы, оказывающие влияние на климат. За последнее столетие наблюдалось повышение средней глобальной температуры воздуха у поверхности земли на 0,5 °С. На примере Саратова показано, что потепление обусловлено повышением ночных, минимальных за сутки, значений температуры воздуха, которое особенно ощутимо в зимние и весенние месяцы.

The problem of global and regional climate change Yu.A. Sklyarov, G.F. Ivanova

The main factors concerning the influence on climate are examined. The rise of the mean global near surface temperature up to 0.5 °C was observed during the last century. On the basis of Saratov data it is shown, that warming was caused by the rise of nighttime minimum daily air temperatures. This rise is especially considerable during winter and spring months.

Проблема многолетних изменений климата и в первую очередь основного ее показателя, температуры воздуха, волнует все человечество. От одного столетия к другому интерес к ней не ослабевает, а наоборот, усиливается. Тем более что за последнее десятилетие отмечались своеобразные климатические рекорды и тяжелейшие природные катастрофы в виде смерчей, наводнений, ураганов, засух и т. д. Таким образом, в общественном сознании находит отражение понимание роли климата как важного фактора окружающей среды. Наметившиеся тенденции антропогенного потепления климата являются неопровержимым свидетельством актуальности рассматриваемой проблемы.



Одним из основных параметров климата является температура воздуха. Температура атмосферного воздуха формируется не изолированно, а в тесном взаимодействии со всеми сферами климатической системы, в которую входят наряду с атмосферой еще 4 сферы: гидросфера, подстилающая поверхность, криосфера и биосфера.

Физические, химические и другие процессы, происходящие в каждой из этих сфер, накладывают свой отпечаток на остальные, то есть все процессы в климатической системе взаимосвязаны и взаимообусловлены.

Основные факторы, на протяжении тысячелетий оказывающие существенное влияние на климат, следующие.

1. Изменение концентрации парниковых газов атмосферы (углекислого газа CO_2 и метана).
2. Изменение концентрации тропосферных аэрозолей, образующихся в результате взаимодействия оксидов серы и атмосферного водяного пара.
3. Изменение концентрации стратосферного аэрозоля, связанного с вулканической деятельностью, время жизни которого 5-7 лет.
4. Аперiodические колебания до (12 °С) температуры морской воды на акватории Тихого океана (0-12° Ю.Ш. и 180-80° З.Д.) (явление Эль-Ниньо/ Южное колебание); Северо-Атлантическое колебание.
5. Изменение альbedo подстилающей поверхности.