Таблица 4

Оценка погодных условий по степени благоприятности для осенней вегетации озимых культур в Саратовской области за 19811998 гг.

Год	Сумма осадков за август–сентябрь, мм	Условия закалки	Процент плохих посевов перед прекращением вегетации	Оценка в баллах
1981	72	Удовлетворительные	12	2
1982	89	Плохие	2	3
1983	33	Плохие	13	1
1984	50	Плохие	15	2
1985	132	Плохие	3	3
1986	70	Плохие	39	1
1987	141	Хорошие	1	3
1988	99	Удовлетворительные	5	3
1989	47	Плохие	5	2
1990	145	Плохие	1	2
1991	65	Плохие	2	2
1992	81	Удовлетворительные	3	3
1993	181	Удовлетворительные	3	3
1994	43	Плохие	15	1
1995	95	Удовлетворительные	8	3
1996	74	Плохие	16	2
1997	68	Удовлетворительные	6	2
1998	52	Удовлетворительные	36	1

сезона для вегетации озимых культур. Плохие условия осенней вегетации составили 22% и были связаны в основном с недостатком влаги в почвенном слое.

Библиографический список

1. *Пряхина С. И., Скляров Ю. А., Левицкая Н. Г.* Агрометеорологические прогнозы. (Расчеты, прогнозы, обоснования) : учеб.-метод. пособие к практическим занятиям студентов-метеорологов. Саратов : Наука, 2010. 101 с.

2. *Грингоф И. Г.*, *Пасечнюк А. Д.* Агрометеорология и агрометеорологические наблюдения. СПб. : Гидрометеоиздат, 2005. 552 с.

3. *Страшная А. И., Максименкова Т. А., Чуб О. В.* Об изменении агроклиматических условий вегетации и сроков сева озимых культур осенью в центральном Федеративном округе в связи с потеплением климата // Тр. / ГУ «Гидрометеорологический научно-исследовательский центр Российской Федерации». Вып. 343. Расчеты и прогнозы элементов режима моря. Долгосрочные метеорологические прогнозы. 2009. С. 141–158.

4. *Шиголев А. А.* Руководство для обработки фенологических наблюдений и составления фенологических прогнозов. Л. : Гидрометеоиздат, 1941. 268 с.

5. *Кабанов П. Г.* Погода и поле. Саратов : Приволж. кн. изд-во, 1975. 240 с.

УДК 551.52

НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ О ПОГЛОЩЁННОЙ СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИИ И АЛЬБЕДО, ПОЛУЧЕННЫХ С ПОМОЩЬЮ АППАРАТУРЫ ИКОР-М

Ю. А. Скляров, М. Ю. Червяков, В. А. Воробьёв, А. И. Котума, В. М. Фейгин[1]

Саратовский государственный университет
E-mail: kafmeteo@sgu.ru
[1]Научный центр оперативного мониторинга Земли Роскосмоса, Москва

Приводятся некоторые результаты 3-летней работы радиометра ИКОР-М на борту ИСЗ Метеор-М № 1. Рассматривается возможность сравнений данных ИКОР-М с данными аппаратуры CERES, работающей на трёх ИСЗ. Приводятся результаты расчётов в виде таблиц поглощённой солнечной радиации (ASR) для равновеликих территорий. Рассмотрены временные особенности ASR в районе Средиземного моря. Оценены среднемесячные величи-

© Скляров Ю. А., Червяков М. Ю., Воробьёв В. А., Котума А. И., Фейгин В. М., 2013

ны альбедо над Сахарой, Амазонской низменностью и тропической Африкой.
Ключевые слова: поглощённая солнечная радиация, альбедо, ИКОР-М.

Some Results of Data Processing of Absorbed Solar Radiation and Albedo from Radiometer IKOR-M

Yu. A. Sklyarov, M. Yu. Chervyakov, V. A. Vorobyov, A. I. Kotuma, V. M. Feigin

The description of some results of three years of radiometer IKOR-M working is given. The possibility of comparisons of IKOR-M data with CERES data, working on three satellites is reviewed. The results of the calculations in the tables' form of the absorbed solar radiation (ASR) for areas of equal size are presented. The temporary peculiarities of ASR in the Mediterranean area are considered. The mean monthly values of albedo over the Sahara, the Amazon Basin and tropical Africa are evaluated.
Key words: absorbed solar radiation, albedo, IKOR-M.

Введение

Более трёх с половиной лет (с сентября 2009) на ИСЗ Метеор-М №1 работает аппаратура ИКОР-М (создана в СГУ им. Н.Г. Чернышевского группой, под руководством Ю.А. Склярова). Она предназначена для измерения уходящей коротковолновой радиации (УКР) на верхней границе атмосферы. Это дает возможность получать значения альбедо и поглощенной солнечной радиации (absorbed solar radiation – ASR) как составляющих радиационного баланса Земли и осуществлять их мониторинг.

За весь этот период в работе радиометра ИКОР-М не было ни одного сбоя при скорости отсчётов 1/с. Получено более чем по 40 глобальных карт среднемесячного распределения величин уходящей коротковолновой радиации (УКР), альбедо и ASR. Все подробности устройства, принципа действия радиометра, разработанных алгоритмов обработки и краткое изложение программного обеспечения (ПО) опубликованы в [1–3]. Там же содержатся данные о погрешностях измерений.

На настоящий момент накоплен и продолжает регулярно пополняться большой архив однородных климатических данных по перечисленному выше ряду компонентов радиационного баланса Земли, полученных в результате работы ИКОР. Завершена работа по организации общего доступа в сети Интернет для широкой научной общественности к полученным в ходе настоящего эксперимента продуктам в виде карт распределения компонентов радиационного баланса Земли. На созданном сайте публикуются результаты наших собственных исследований (http://www.sgu.ru).

Шкала прибора и возможность сопоставления данных ИКОР с другими спутниковыми проектами

В работах [1,2] уже отмечалось, что шкала радиометра ИКОР-М близка к шкалам других известных рядов. Она может отличаться от них, тем более что между шкалами известных радиометров (проект ERBE, не говоря уже о проекте Nimbus, и самый последний проект CERES и др.) имеются заметные расхождения [4–6], приводящие к необходимости «подстройки» шкал этих рядов. Мы не стали регулировать шкалу радиометра ИКОР-М, все результаты обработки измерений приводятся в этой собственной шкале.

Для сопоставления данных об альбедо и УКР с известными рядами наблюдений, по совету доктора G.L. Smith (NASA США), мы рассмотрели возможность сравнений с данными аппаратуры CERES, работающей на трёх ИСЗ. Наиболее подходящим из этих спутников является гелиосинхронный ИСЗ Terra с двумя сканирующими радиометрами наивысшей в настоящее время точности. Также пригодны данные измерений с аналогичной аппаратурой с ИСЗ TRMM с прецессирующей орбитой. Орбита спутника периодически пересекает (разные высоты орбит) гелиосинхронную орбиту ИСЗ Метеор-М №1. В эти времена и возможны сравнения. Орбита третьего ИСЗ США Aqua гелиосинхронная и отстоит на значительном угловом расстоянии между узлами по экватору от орбит Метеор-М №1 и Terra и её можно не использовать для сравнений (рис. 1).

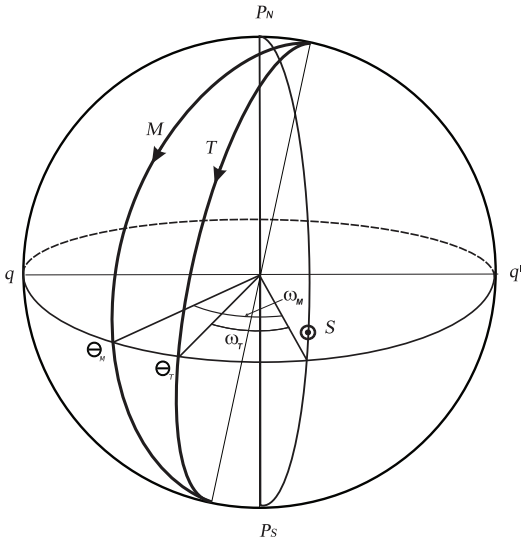


Рис.1. Расположение треков орбит Метеор-М №1 и Terra на поверхности Земли: P_NP_S – ось вращения Земли; $qq`$ – экватор; ω_T, ω_M – угловые расстояния треков орбит спутников Terra (T) и Метеор-М №1 (M) от Солнца (*S*) (ω_T=1^h 30^m, ω_M=3^h)

Анализ поглощённой солнечной радиации для равновеликих территорий

Нами разработан метод обработки наблюдений поглощённой радиации, позволяющий количественно оценивать величины потоков радиации, приходящей на любые выбранные участки земной поверхности, сравнивать их между собой (таблица).

Значения среднемесячных величин поглощённой солнечной радиации, Вт/м², для равных по площади частей различных территорий в 2010 году

Территория	Границы территорий		Среднее	Минимальное	Максимальное
	По широте, град.	По долготе, град.			
Австралия	15…40 ЮШ	115…155 ВД	300,4	195,6	392,9
Канада	65…45 СШ	140…60 ЗД	191,0	36,9	347,2
США	45…25 СШ	125...70 ЗД	265,3	142,8	372,2
Амазонская низменность	0…20 ЮШ	80…35 ЗД	315,7	273,6	341,3
Сахара	30…15 СШ	15…30 ВД	281,0	213,4	325,8
Южная Африка	0…30 ЮШ	15…40 ВД	315,1	254,1	357,7
Россия	65...45 СШ	50…105 ВД	183,1	23,3	354,5
Индия и Индокитай	30…5 СШ	65…120 ВД	290,8	225,7	344,3
Индонезия	95…150 ВД	15 СШ…10 ЮШ	329,4	298,7	344,0
Европа	65…40 СШ	5 ЗД…50 ВД	209,4	59,2	358,6

Результаты расчётов производились на основе использования сетки ячеек на поверхности Земли. Все ячейки равны между собой (2,5 х 2,5° в длинах дуг больших кругов Земли). Радиометр ИКОР-М постоянно направлен в надир. Поэтому на любой широте поле зрения (ПЗ) радиометра охватывает одну и ту же площадь поверхности. Геометрия поля зрения неизменна, изменяются только условия освещения в ПЗ в зависимости от широты, склонения Солнца и величины приходящей на верхнюю границу атмосферы (ВГА) солнечной радиации [7]. (Заметим, что это выгодное отличие от ситуации со сканирующим радиометром, где при поперечном сканировании даже для круговой орбиты площадь, охватываемая ПЗ, меняется в зависимости от направления оси радиометра.)

С учётом этих соображений в качестве примера мы привели данные таблицы. Здесь для простоты мы приняли площадь Австралии за условную единицу. На её территории разместилось 111 ячеек. Точно такое же количество ячеек 2,5 х 2,5° мы выбрали на указанных в таблице территориях. Поэтому данные таблицы дают наглядное представление о поглощённой радиации в соответствующих территориях. При этом столбец «среднее» даёт среднегодовое значение поглощённой радиации за 2010 год, а минимальное и максимальное – среднемесячные величины за месяц, на который пришёлся минимум либо максимум поглощённой радиации. Разумеется, программа позволяет оценивать поглощённую радиацию на любой территории произвольной формы.

Поглощённая солнечная радиация в районе Средиземного моря

В начале лета для Северного полушария склонение Солнца возрастает, вследствие чего происходит смещение зон максимума поглощения солнечной радиации к северу. Зона наибольшего поглощения солнечной радиации в июне – июле, по данным ИКОР-М, колеблется в пределах от 18 до 40° северной широты, причем максимум поглощенной радиации располагается на разных широтах. Средиземноморский максимум поглощенной солнечной радиации на 10–15° севернее максимума в центральной Атлантике. Значение поглощенной радиации в Средиземном море достигает 430 Вт/м², в то время как на той же широте в Атлантике оно не превосходит 360 Вт/м². Высокое поглощение радиации в Средиземном море по сравнению с поглощением радиации над акваторией центральной Атлантики в летние месяцы связано с большой повторяемостью ясного неба (0–3 балла) над Средиземным морем (до 80 %) в отличие от Центральной Атлантики (30–40 %) [8]. В свою очередь, подобное распределение повторяемости ясного неба связано с существованием Азорского антициклона, отрог которого распространяется летом на Средиземное море и южную Европу [9].

Альбедо на верхней границе атмосферы над Сахарой, тропической Африкой и Амазонской низменностью

В работе [10] отмечалось, что над Сахарой наблюдается среднегодовое постоянство альбедо, величина которого составляет около 33 %. По данным радиометра ИКОР-М, среднегодовые значения альбедо над Сахарой составляли приблизительно 31 % в период 2010–2012 гг. При расчете величин альбедо над пустыней нами была выбрана территория в пределах 12,5° …32,5° СШ и 15° ЗД…35° ВД.

В работе [10] не указана внутригодовая изменчивость альбедо над Сахарой, которая может быть связана с сезонным изменением облачности. Известно, что над Сахарой в летние месяцы наблюдается некоторое увеличение облачности, особенно на юге пустыни. Значения альбедо в летний период над Сахарой и, по данным радиометра ИКОР-М, достигают величин 33–34 % (рис. 2).

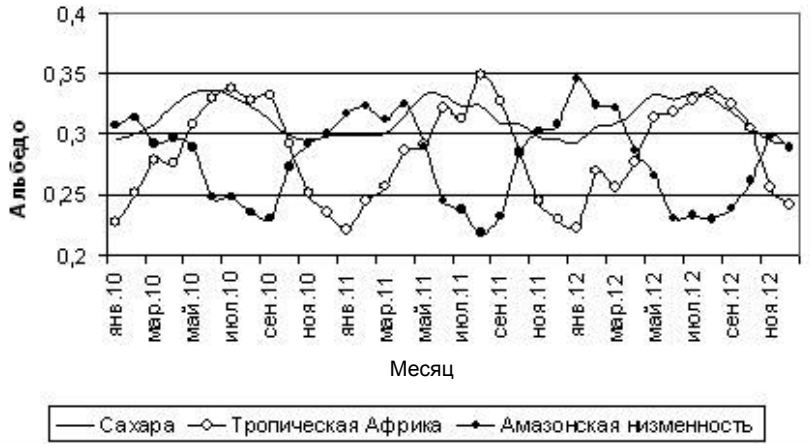


Рис. 2. Ход альбедо над разными районами Земли (2010–2012 гг.), по данным радиометра ИКОР-М

На сайте NASA Earth Observations [11] публикуются карты среднемесячных глобальных распределений облачности, полученных с помощью спектрорадиометра MODIS (установлен на американском спутнике Terra). Согласно этим данным в ноябре – январе практически отсутствует облачность над Сахарой, поэтому в эти месяцы величины альбедо над малооблачной Сахарой наименьшие – 29–30 %. Таким образом, наши данные практически показывают те же самые величины альбедо, что и в [10].

Ход альбедо в течение 2010–2012 гг. для регионов Амазонской низменности и тропической Африки также представлен на рис. 2. По сравнению с Сахарой внутригодовая вариация величин альбедо здесь гораздо больше (амплитуда может достигать 12 % для обоих регионов). Минимальные значения альбедо (23–25 %) для Амазонской низменности отмечаются в июле – сентябре, максимальные (до 35 %) – в зимние месяцы. Для тропической Африки минимум (22–23 %), наоборот, отмечается зимой (январь), а максимум (32–35 %) – в июле – августе. Такие большие вариации альбедо во внутригодовом ходе для рассматриваемых районов обусловлены, прежде всего, вариацией облачности над ними [11]. Среднегодовые значения величин альбедо за период 2010–2012 гг. над регионами тропической Африки и Амазонской низменности приблизительно равны (28–29 %).

Библиографический список

1. *Скляров Ю. А., Воробьёв В. А., Котума А. И., Червяков М. Ю., Фейгин В. М.* Алгоритм обработки данных наблюдений уходящей коротковолновой радиации с ИСЗ «Метеор-М» № 1 // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2012. Т. 9, № 3. С. 83–90.

2. *Скляров Ю. А., Воробьёв В. А., Котума А. И., Червяков М. Ю., Фейгин В. М.* Измерения компонентов радиационного баланса Земли с ИСЗ «Метеор-М» № 1. Аппаратура ИКОР-М // Там же. № 2. С. 173–180.

3. *Скляров Ю. А., Фейгин В. М., Воробьёв В. А., Котума А. И., Семёнова Н. В., Червяков М. Ю.* Первые результаты обработки со спутника «Метеор-М» № 1 // Погода и климат : новые методы и технологии исследований : сб. науч. тр. / под ред. Н. А. Калинина. Пермь : Изд-во Перм. гос. ун-та, 2010. С. 52–56.

4. *Lin B., Stackhouse P. W., Minnis P., Wielicki B. A., Hu Y., Sun W., Fan T.-F., Hinkelman L. M.* Assessment of global annual atmospheric energy balance from satellite observations // J. Geophys. Res. 2008. Vol. 113. P. D16114.

5. *Mlynczak P. E., Smith G. L., Doelling D. R.* The annual cycle of Earth radiation budget from clouds and the Earth's Radiant Energy System (CERES) Data // Journal of Applied Meteorology and Climatology. 2011. Vol. 50, № 12. P. 2490–2503.

6. *Trenberth K. E., D. P. Stepaniak.* The flow of energy through the Earth's climate system // Quart. J. Roy. Meteor. Soc. 2004. Vol. 130, № 603. P. 2677–2701.

7. *Скляров Ю. А., Бричков Ю. И., Семенова Н. В.* Радиационный баланс Земли. Введение в проблему. Саратов : Изд-во Сарат. ун-та, 2009. 185 с.

8. Ясное и пасмурное небо [Карты]. – 1 : 120 000 000 // Атлас океанов. Атлантический и Индийский океаны / ред. В. И. Фалеев. Л. : Изд-во ГУН и О, 1977. С. 81–82.

9. *Хромов С. П., Мамонтова Л. И.* Метеорологический словарь. Л. : Гидрометеоиздат, 1974. 568 с.

10. *Ramanathan V.* Why is Earth's albedo 29% and was it always *29* %? // ILEAPS. 2008. № 5. С. 18–20.

11. NASA Earth observations. URL: http://neo.sci.gsfc.nasa.gov/Search.html (дата обращения : 05.05.2013).