ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ДИСБАЛАНСА ЗЕМЛИ И КЛИМАТА С ПОВЕРХНОСТИ ЛУНЫ

Абдусаматов Х.И.

Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН, Санкт-Петербург, Россия

RESEARCH OF THE EARTH'S ENERGY IMBALANCE AND CLIMATE FROM THE SURFACE OF THE MOON

Abdussamatov H.I.

Pulkovo observatory of the RAS, St. Petersburg, Russia

The Lunar Observatory (LO) is a system of two identical special optical robotic telescopes with an aperture of 300 mm and multichannel spectrally separated broadband and narrowband spectrophotometers (SOTR-300V). The SOTR-300V system, operating sequentially according to a unified observation program in automatic mode as a single telescope, will make it possible to continuously measure a set of global climatic parameters: the energies reflected by the Earth of part solar radiation in the spectral band 0.2–4 μm and the thermal radiation of the planet itself in the bands 0.3–3 and 4–50 μm at night continuously for during more than 94% of the lunar day. It will also make it possible to assess the contribution of greenhouse gases to climate change by measuring the variation in the fraction of the energy of thermal radiation from the surface passing into space in the 8–13 μm band of the atmospheric transparency window. For the first time, LO will make it possible to reliably identify the physical mechanisms of formation, causes and regularities of climate change and to develop the most reliable methods for forecasting it.

DOI: 10.31725/0552-5829-2021-3-6

Научно обоснованные слежения за изменением климата и прогноз его глубоких изменений в перспективе должны основываться на высокоточных ($\approx 0.1\%$) непрерывных однородных данных об абсолютной величине энергетического дисбаланса Земли (ЭДЗ) между интегральной мощностью потока солнечной энергии, поступившей на внешние слои атмосферы (СП), и потоков, ушедших в космос за счет отражения от поверхности и атмосферы (альбедо Бонда), а также собственного теплового излучения [1]:

$$E = \frac{(S_{\odot} + \Delta S_{\odot})}{4} - \frac{(A_{BE} + \Delta A_{BE})(S_{\odot} + \Delta S_{\odot})}{4} - \varepsilon \sigma (T_p + \Delta T_p)^4 \quad (1)$$

получаемых на постоянной основе в течение многих десятилетий и сотен лет. Здесь E – удельная мощность изменения теплосодержания планеты, $S_{\odot}$ – СП, $\Delta S_{\odot}$ – приращение СП, A_{BE} – альбедо Бонда Земли, ΔA_{BE} – приращение альбедо Бонда Земли, ε – излучательная способность (степень черноты) системы подстилающая поверхность-атмосфера, σ – постоянная Стефана-Больцмана, T_p – термодинамическая планетарная температура, ΔT_p – приращение планетарной термодинамической температуры. Это непременно требует создания и использования новых долгосрочно стабильных фиксированных космических платформ для постоянного и непре-

рывного репрезентативного наблюдения одновременно за всей земной поверхностью. В настоящее время радиометрами измеряются мощности составляющих ЭДЗ с помощью космических аппаратов (КА) на низкоорбитальных и геостационарных спутниках, которые могут наблюдать только ограниченные области Земли. При этих наблюдениях погрешность измерений с ошибками калибровки составляет порядка или более 1% [2, 3]. Эти КА имеют относительно короткий срок службы, что исключает проведение крайне необходимых достаточно длительных высокоточных и однородных измерений величины ЭДЗ. Вариация ЭДЗ независимо от ее причин за период 30 ± 10 лет является основной мерой грядущего изменения климата, поскольку постоянная термической инерции

$$t = 0.095 (1 + 0.42 \cdot H) \text{ лет} \quad (2)$$

при глубине активного слоя Океана $H = 750 \pm 250$ м [4, 5]. Поэтому высокоточный мониторинг ЭДЗ – важнейшая проблема в исследованиях изменения климата и обуславливающих эти изменения физических механизмов. Нами разработан проект «Лунная обсерватория» (ЛО), т.к. поверхность Луны является идеальной стабильной платформой в космосе для проведения долгосрочных непрерывных наблюдений одновременно всей поверхности Земли в течение более 94% лунных суток только в лунное ночное время, когда температура снижается до ~ 100 К.

Главные цели и задачи ЛО:

- Мониторинг мощности потоков энергий отраженного планетой солнечного излучения и исходящего собственного теплового излучения в спектральных диапазонах 0.2–4 и 4–50 мкм соответственно с погрешностью $\approx 0.1\%$ непрерывно в ночное время в течение более 94% лунных суток;
- Мониторинг изменения мощности потока собственного излучения Земли в диапазоне 8–13 мкм окна прозрачности атмосферы для изучения и выяснения вклада парниковых газов в климатические изменения;
- Впервые исследование важнейшего климатообразующего физического процесса по мониторингу изменений распределения мощности потока энергий излучения по широтам, их динамики между низкими и высокими широтами;
- Исследование облачного и снежно-ледяного покровов, растительности, концентраций аэрозолей и озона, и др. в каждом регионе и во всей планете по мониторингу в 10 отдельных узких полосах диапазона 0.3–3 мкм;
- Мониторинг и изучение среднегодового ЭДЗ – накопленного тепла или его дефицита в океане с использованием известных значений СП, установление их зависимости от циклических вариаций СП;
- Исследование вариаций альбедо Бонда планеты и физических параметров атмосферы и поверхности в зависимости от циклических изменений СП;
- Определение физических механизмов формирования, причины и закономерности изменения климата, направления и глубины его вариаций;

- Впервые создание недостающей, крайне необходимой, наиважнейшей фундаментальной базы высокоточных данных ЭДЗ и его составляющих;

- Поиск экзопланет непрерывно в свободное дневное время в диапазоне 0.2–4 мкм при значительно увеличенной точности позиционирования.

ЛО представляет собой единую систему двух одинаковых специальных оптических телескопов-роботов с апертурой 300 мм (СОТР-300К), функционирующую последовательно в автоматическом режиме, по единой научной программе наблюдений Земли: рабочее поле зрения $\varnothing 132$ угл.мин; с многоканальными спектрально-разделенными широко- и узкополосными спектроболометрами (взамен традиционно используемых радиометров); защита от лунной пыли и ее наэлектризованности – выдвижной козырек и обеспечение стока зарядов. Разработана внеосевая трехзеркальная оптическая система телескопа с матричным микроболометрическим приемником излучения ($\sim 2048 \times \sim 2048$ пикс) динамическим диапазоном четыре порядка, чувствительные элементы которой покрыты золотой чернью. Телескопы будут располагаться вдоль экваториальной зоны на противоположных краях Луны на удалении от ее видимого центра на расстоянии $\pm(80.9 \pm 0.1^\circ)$. При таком размещении за время движения Луны вокруг Земли система их двух телескопов будет последовательно обозревать всю земную поверхность практически при всех фазовых углах непрерывно в течение более 94% времени лунных суток только в ночное время. Измерения системой двух телескопов-роботов ЛО защищены 4-я нашими патентами РФ: №№ 155044, 2591263, 164303 и 2613048.

Рис. 1. СОТР-300К в защитной чаше с габаритными размерами

Рис. 2. СОТР-300К на поверхности Луны без солнечных батарей и двигателей мягкой посадки.

Определение относительного вклада вариаций парниковых газов в атмосфере в климатические изменения, независимо от причин их вариаций, будет осуществляться по дополнительному каналу мониторинга уходящей в космос энергии без промежуточного поглощения и повторного переизлу-

чения в полосе 8–13 мкм окна прозрачности атмосферы. Определяемые ЛО среднегодовые величины альbedo Бонда, теплового излучения Земли и энергетического дисбаланса планеты будет практически на порядок точнее измерений этих параметров КА в настоящее время.

Масса одного комплекса телескопа СОТР-300К с облегченными зеркалами без солнечных батарей, аккумуляторов и двигателей мягкой посадки – менее 100 кг, требуемая электрическая мощность – менее 100 Вт, габариты – менее 1500×1500×1500 мм³. Специальная чаша СОТР-300К для защиты от частиц заряженной лунной пыли будет приспособлена и как посадочный модуль с двигателями мягкой посадки для установки телескопа на требуемом участке поверхности Луны. Научная аппаратура комплекса СОТР-300К не требует обслуживания и настройки. Градиент абсолютной величины СП в течение минимумов последних четырех последовательных циклов указывает, что фаза спада КДВЦ Солнца началась в ~1990 г. с наступлением глубокого минимума СП маундеровского типа в 2042±11 г. Это требует реализации ЛО ориентировочно до 2028 г. и дальнейшего непрерывного отслеживания колебаний ЭДЗ в течение всего XXI века.

ЛО является уникальным проектом и решаемые в ней задачи не могут быть выполнены никакими другими альтернативными «нелунными» средствами. Она в течение не менее 15 лет впервые обеспечит важнейшими однородными и наиболее надежными глобальными климатическими данными об изменениях ЭДЗ и накапливаемого ежегодно избытка или дефицита энергии в Мировом океане благодаря его термической инерции. Это позволит определять зависимость мощности среднегодового ЭДЗ от циклических вариаций СП. Полученная зависимость будет надежным индикатором для реконструкции изменений ЭДЗ за весь период космических высокоточных измерений СП с 1978 г., что позволит впервые надежно выявить физические механизмы формирования, причины и закономерности изменений климата нашей планеты за период ~70 лет и разработать наиболее надежные методы его прогнозирования.

Литература

1. *Abdussamatov H.I.* Comparative analysis of errors in monitoring the Earth's global energy budget by the Lunar Observatory and orbiters // *Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics*. 2018. V. 54, No. 9, pp. 1318-1329.
2. *Loeb N.G. et al.* Toward optimal closure of the Earth's top-of-atmosphere radiation budget // *J. Climate*, 2009. Vol. 22, pp. 748-766.
3. *Trenberth K.E., Fasullo J.T., Kiehl J.* Earth's global energy budget // *Bull. Amer. Meteor. Soc.* 2009. Vol. 90, No. 3, pp. 311-323.
4. *Abdussamatov H.I., Bogoyavlenskii A.I., Khankov S.I., Lapovok E.V.* Modeling of the Earth's planetary heat balance with electrical circuit analogy // *Journal of Electromagnetic Analysis and Applications*, 2010. Vol. 2, pp. 133-138.
5. *Абдусаматов Х.И., Лаповок Е.В., Ханков С.И.* Факторы, определяющие термоинерционные характеристики системы Земля-атмосфера // *Труды Всероссийской конф. по физике Солнца*. СПб. 2011. С. 307-310.