

Космическая тепловая съёмка Передового надвига Гималаев

А.А. Тронин¹, А.К. Saraf²

¹Учреждение Российской академии наук Санкт-Петербургский научно-исследовательский центр экологической безопасности РАН,

197110, Санкт-Петербург, ул. Корпусная, 18

E-mail a.a.tronin@ecosafety-spb.edu;

²Indian Institute of Technology, ROORKEE - 247667, INDIA

E-mail: arun.k.saraf@gmail.com

Передовой надвиг Гималаев является первым разрывным нарушением на контакте Индийской и Евразийской плит в районе Гималаев. На этом участке контакт плит трактуется как зона коллизии или континентальной субдукции, когда Индийская плита погружается под Евразийскую. Проведённые ранее исследования зоны коллизии на контакте Иранской и Евразийской плит (Предкопетдагский разлом) показали наличие интенсивной тепловой аномалии, зафиксированной по данным космической тепловой съёмки. Были выполнены исследования влияния сейсмичности региона на тепловую аномалию Предкопетдагского разлома. Источником тепловой аномалии на земной поверхности была признана "Термальная линия" вод Копетдага – крупная зона разгрузки термальных вод Копетдагской гидрогеологической складчатой области. Космическая тепловая съёмка показала наличие интенсивной тепловой аномалии и в зоне Передового надвига Гималаев. Была выявлена связь тепловой аномалии с крупнейшими сейсмическими событиями на Индийской плите, и в частности, с Суматранским землетрясением 26.12.2004. Это крупнейшее землетрясение последних десятилетий имело магнитуду $M=9$ и, по-видимому, затронуло всю Индийскую или Индо-Австралийскую плиту. Передовой надвиг Гималаев ясно выражен в температуре земной поверхности, отличаясь на 2-4 К от окружающих участков. Отмечено «исчезновение» термальной линии разлома в период Суматранского землетрясения.

Ключевые слова: Передовой надвиг Гималаев, космическая тепловая съёмка, землетрясение.

Введение

Передовой надвиг Гималаев является первым разрывным нарушением на контакте Индийской и Евразийской плит в районе Гималаев. На этом участке контакт плит трактуется как зона коллизии или континентальной субдукции, когда Индийская плита погружается под Евразийскую. Проведённые ранее исследования зоны коллизии на контакте Иранской и Евразийской плит (Предкопетдагский разлом) показали наличие интенсивной тепловой аномалии, зафиксированной по данным космической тепловой съёмки. Были выполнены исследования влияния сейсмичности региона на тепловую аномалию Предкопетдагского разлома. Источником тепловой аномалии на земной поверхности была признана "Термальная линия" вод Копетдага – крупная зона разгрузки термальных вод Копетдагской гидрогеологической складчатой области.

Данные и методика

Для анализа температуры поверхности в зоне Передового надвига Гималаев были использованы данные MODIS/Aqua Land Surface Temperature/Emissivity Daily L3 Global 1km SIN Grid V005. Каждая гранула данных содержит ежедневную информацию о ночной и дневной температуре и излучательной способности земной поверхности. Размер участка на поверхности $\sim 1100 \times 1100$ км, разрешение на местности ~ 1 км, проекция – синусои-

дальняя, данные о температуре представлены 16-битовыми беззнаковыми целыми, калибровочный коэффициент для перевода цифровых значений в термодинамическую температуру поверхности равен 0.02, формат файла данные – HDF-EOS. Для расчётов использовались данные гранулы MODIS h25v06 – «Непал» (20–30° с.ш., 74.49–92.37° в.д.).

Из исходных данных были выделены ежедневные ночные температуры земной поверхности. По нескольким безоблачным снимкам было создано синтезированное изображение, которое послужило основой для выделения тепловой аномалии в зоне Передового надвига Гималаев. Таким образом, было сформировано изображение – маска Передового надвига Гималаев и фонового участка. Затем проводились расчёты температуры поверхности с использованием полученной маски в зоне надвига и окружающих фоновых участках. В результате были получены ряды ежедневных данных о температуре земной поверхности в зоне надвига и фоновых участках. Дальнейшему анализу подвергались как температура поверхности в зоне надвига, так и разность температур надвига и фона.

Результаты

Космическая тепловая съёмка показала наличие интенсивной тепловой аномалии и в зоне передового надвига Гималаев. Передовой надвиг Гималаев чётко выражен в температуре земной поверхности, отличаясь на 2–4 К от окружающих участков. На ночном космическом тепловом снимке отчётливо дешифрируется тепловая линия разлома (рис. 1), состоящая из отдельных сегментов, что весьма характерно для надвигов. Для определения связи тепловой аномалии Передового надвига Гималаев с сейсмической активностью были проанализированы температуры земной поверхности в зоне разлома в период сильнейшего Суматранского землетрясения 26.12.2004.

Анализ изменений температуры земной поверхности (рис. 2), а, особенно, контраста температур надвига и фона, показал, что до 21.12.2004 наблюдалось «нормальная» тепловая картина надвига – температура разлома превышала фон на 2–3 К. Затем температура разлома стала падать и к 25.12.2004, то есть за день до землетрясения, она сравнялась с фоном: «термальная» линия надвига исчезла. После толчка температура надвига выросла и к 29.12.2004 достигла обычного уровня.

Обсуждение результатов

Космическая тепловая съёмка уже продолжительное время используется для исследования землетрясений [1]. До настоящего выявлялись главным образом положительные тепловые аномалии в зонах крупных разломов, сопровождающие землетрясения на удалении до 1000 км. Впервые зафиксировано снижение температуры (в ночное время) в зоне надвига на удалении около 2000 км. При этом необходимо учитывать, что Суматранское землетрясение имело магнитуду $M=9$. Это крупнейшее землетрясение последних десятилетий и, по-видимому, затронуло всю Индийскую или Индо-Австралийскую плиту.

Природа тепловой аномалии в зоне Передового надвига Гималаев в настоящее время остаётся неисследованной. По аналогии с другой зоной коллизии в Копетдаге, можно предположить наличие артезианского бассейна в предгорьях Гималаев и выхода слаботермальных вод по линии надвига.

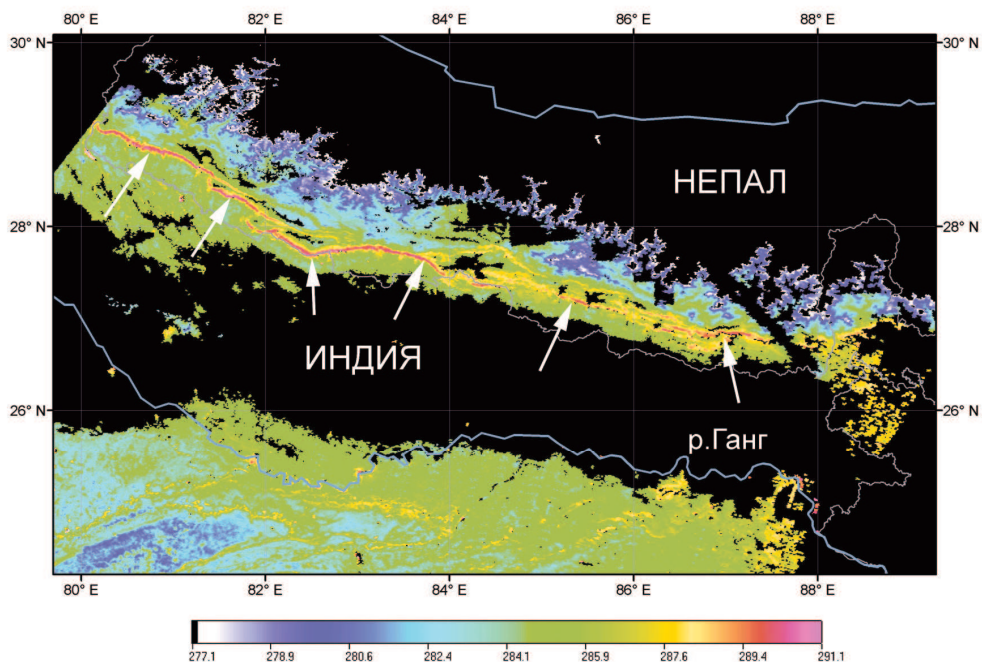


Рис. 1. Космический тепловой снимок зоны Передового надвига Гималаев от 17 декабря 2004 г. Стрелками показана тепловая аномалия зоны надвига

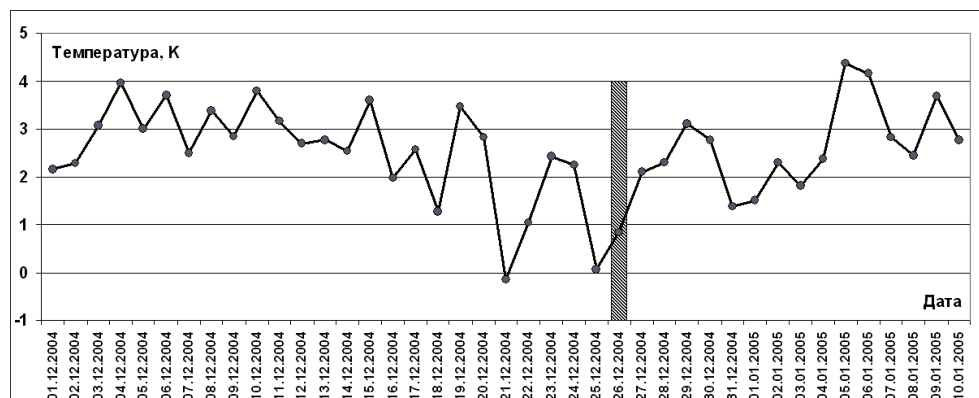


Рис. 2. Температурная аномалия Передового надвига Гималаев в период Суматранского землетрясения 26 декабря 2004 г. ($M=9$). Столбец показывает момент землетрясения

Заключение

Космическая тепловая съёмка показала наличие интенсивной тепловой аномалии в зоне Передового надвига Гималаев. Была выявлена связь тепловой аномалии с крупнейшим сейсмическим событием на Индийской плите – Суматранским землетрясением 26.12.2004 ($M=9$) на удалении до 2000 км. Отмечена своеобразная отрицательная тепловая аномалия на термальной линии разлома в период Суматранского землетрясения.

Настоящая работа выполнена в рамках проекта «Исследование предвестников землетрясений с использованием космической тепловой съёмки» Комплексной долгосрочной программы научно-технического сотрудничества между Россией и Индией.

Литература

1. *Tronin A.A.* Satellite Remote Sensing in Seismology. A Review // *Remote Sensing*, 2010, № 2. P.124-150.

Satellite thermal survey of Himalayan Frontal Thrust

A.A. Tronin ¹, A.K. Saraf ²

¹*Institution of Russian Academy of Sciences Saint-Petersburg Scientific-Research Centre for Ecological Safety RAS,
197110, Saint-Petersburg, Korpusnaya st, 18
E-mail a.a.tronin@ecosafety-spb.edu;*

²*Indian Institute of Technology, ROORKEE - 247667, INDIA
E-mail: arun.k.saraf@gmail.com*

Himalayan Frontal Thrust is a first order structure on the border of Indian and Eurasian plates. Indian plate is subducted under Eurasian plate and generate collision zone. Previous satellite thermal researches in collision zone on the border of Iranian and Eurasian plates (Kopetdag Frontal Thrust) indicates intensive thermal anomaly. The influence of the region seismicity on thermal anomaly of Kopetdag Frontal Thrust was studied. Kopetdag “thermal line” of hot water was considered as a source of thermal anomaly on satellite data. Satellite thermal survey also indicate thermal anomaly above Himalayan Frontal Thrust. The relation of the thermal anomaly with the last strongest earthquake – Sumatra event 26.12.2004 (M=9) was established. Sumatra earthquake 26 Dec 2004 was the strongest event in resent decades. Himalayan Frontal Thrust has the temperature 2-4 K higher then surrounding areas. Himalayan Frontal Thrust “thermal line” disappeared a few days before the shock, and recovered three days after the earthquake.

Keywords: Himalayan Frontal Thrust, satellite thermal survey, earthquake.