

## Наблюдение зоны обрушения сопки в районе реки Бурея 11 декабря 2018 года

Л. С. Крамарева<sup>1</sup>, Е. А. Лупян<sup>2</sup>, Ю. А. Амельченко<sup>1</sup>, М. А. Бурцев<sup>2</sup>,  
Ю. С. Крашенинникова<sup>2</sup>, В. В. Суханова<sup>1</sup>, Ю. А. Шамилова<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Дальневосточный центр «НИЦ «Планета», Хабаровск, 680000, Россия  
E-mail: ovr@dvrpod.ru

<sup>2</sup> Институт космических исследований РАН, Москва, 117997, Россия  
E-mail: smis@smis.iki.rssi.ru

Настоящее сообщение посвящено анализу спутниковых данных зоны обрушения сопки в районе реки Бурея. Обрушение произошло напротив места впадения в Бурею притока Средний Сандар в точке с координатами 50°33'38" с. ш. и 131°28'53" в. д. Площадь зоны обрушения составила около 0,4 км<sup>2</sup> (оценки получены на основе данных спутника Sentinel-2B). Протяжённость образовавшейся насыпи, перекрывшей русло реки, составляет около 600 м, при этом максимальная ширина насыпи превышает 600 м. Образовавшейся в результате обвала волной был практически полностью уничтожен лесной покров на берегах Буреи и её притоков на площади около 140 га. Зоны повреждения лесного покрова наблюдаются в 7 км вверх и в 4 км вниз по течению, т. е. образовавшаяся в результате обрушения волна распространилась вдоль реки более чем на 10 км. Район, в котором произошло обрушение, является ненаселённым, поэтому время события можно установить только на основе данных спутниковых наблюдений. Для определения времени обрушения в работе был проанализирован ряд данных наблюдений района прибором АНИ, установленным на спутнике Himawari-8. Прибор позволяет осуществлять наблюдения каждые 10 мин. Анализ наблюдений за период с 00:00 GMT 10.12.2018 до 00:00 GMT 13.12.2018 позволил выявить температурную аномалию, возникшую 11.12.2018 в 04:30 GMT в канале 3,9 мкм и в 04:40 GMT в канале 11,2 мкм. Это указывает на то, что обрушение произошло примерно в 04:30 GMT. Сначала событие прослеживается в канале 3,9 мкм за счёт того, что разлетающаяся пыль понижает отражательную способность поверхности. В результате схода грунта на поверхность льда, видимо, выплёскивается достаточно большое количество относительно тёплой воды (температура воздуха в районе в момент события была около –20 °С, а у вышедшей на поверхность воды — больше 0 °С). Поэтому наблюдаемая температура в каналах 3,9 и 11,2 мкм значительно (более чем на 2 °С) повышается. После этого вода на поверхности начинает остывать, замерзать, и примерно к 08:00 GMT температурная аномалия в районе обрушения исчезает. Таким образом, в работе показано, что действующие в настоящее время спутниковые системы позволяют подробно пронаблюдать достаточно редкое событие — масштабное обрушение, общий объём которого по данным наземных наблюдений составляет более 30 млн м<sup>3</sup>. Отмечается, что на момент подготовки сообщения русло реки Бурея полностью перекрыто. Это ограничивает приток воды в Бурейское водохранилище и создаёт опасность подтопления участков выше по течению реки.

**Ключевые слова:** Бурейское водохранилище, река Бурея, обрушение сопки, спутниковые системы наблюдения Земли, дистанционное зондирование

Одобрена к печати: 26.12.2018

DOI: 10.21046/2070-7401-2018-15-7-266-271

Настоящее сообщение посвящено анализу спутниковых данных по району обрушения сопки, которое произошло на берегу реки Бурея напротив места впадения в неё притока Средний Сандар в точке с координатами 50°33'38" с. ш. и 131°28'53" в. д. Изображение района до обрушения, полученное со спутника Sentinel-2B 09.12.2018 в 02:22 GMT, представлено на *рис. 1* (см. с. 267). Снимок района после обрушения, полученный с того же спутника 12.12.2018 в 02:33 GMT, показан на *рис. 2* (см. с. 267).

На *рис. 2* достаточно хорошо видна зона обрушения и образовавшаяся в результате насыпь, которая полностью перекрыла реку Бурея. Площадь зоны составила около 0,4 км<sup>2</sup>. Максимальная высота, с которой произошло обрушение, превышает 550 м над уровнем моря (н. у. м.). Берег Буреи у кромки воды в районе обрушения находится примерно на высоте 250 м н. у. м. Протяжённость образовавшейся насыпи составляет около 600 м.



Рис. 1. Район до обрушения левого берега реки Бурея 09.12.2018. Синтез в «естественных» цветах

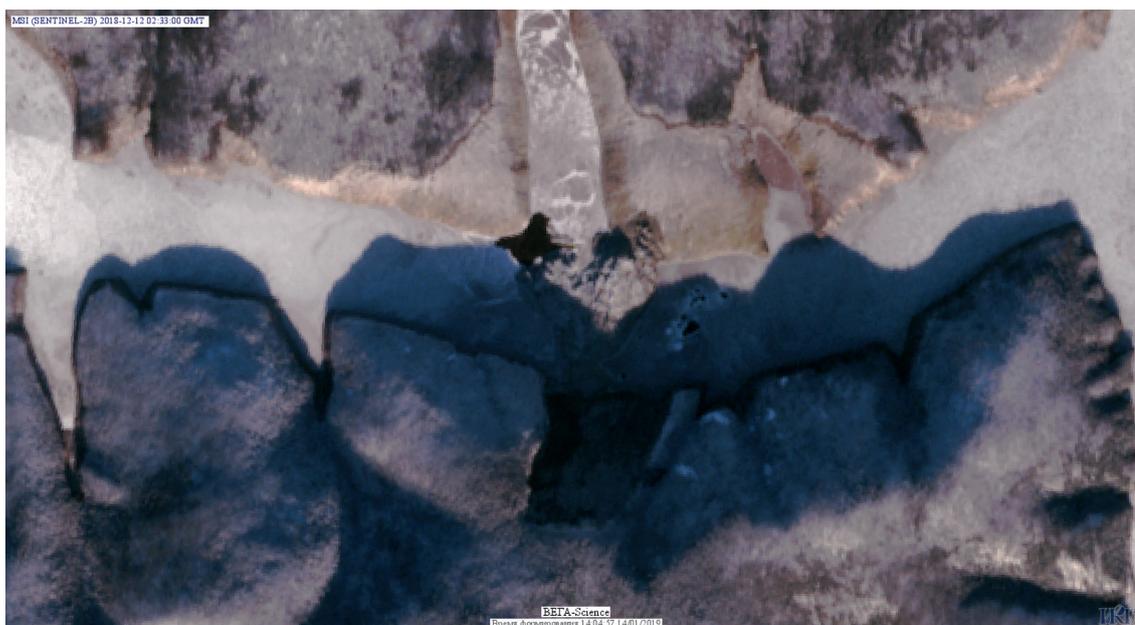


Рис. 2. Район после обрушения левого берега реки Бурея 12.12.2018. Синтез в «естественных» цветах

При этом максимальная ширина насыпи превышает 600 м. На рис. 2 также хорошо видны зоны, на которых образовавшейся в результате обвала волной был практически полностью уничтожен лесной покров на берегах Буреи и её притоков. Сравнение данных, полученных до и после обрушения, позволяет выявить зоны таких повреждений. На рис. 3 (см. с. 268) приведено цветосинтезированное изображение, полученное по данным спутника Sentinel-2B за 12.12.2018 (канал R) и 09.12.2018 (каналы G и B). Для построения синтеза использован канал 785–900 нм прибора MSI. На представленном рисунке зоны повреждения лесного покрова отмечены красным цветом. Зоны наблюдаются на протяжении 7 км вверх и 4 км вниз по течению, т. е. образовавшаяся в результате обрушения волна распространилась вдоль реки более чем на 10 км. Максимальная высота, до которой поднималась волна, превысила 310 м н. у. м., т. е. в районе обвала её высота превышала 60 м. Детальный анализ показывает, что волной было повреждено около 140 га леса.

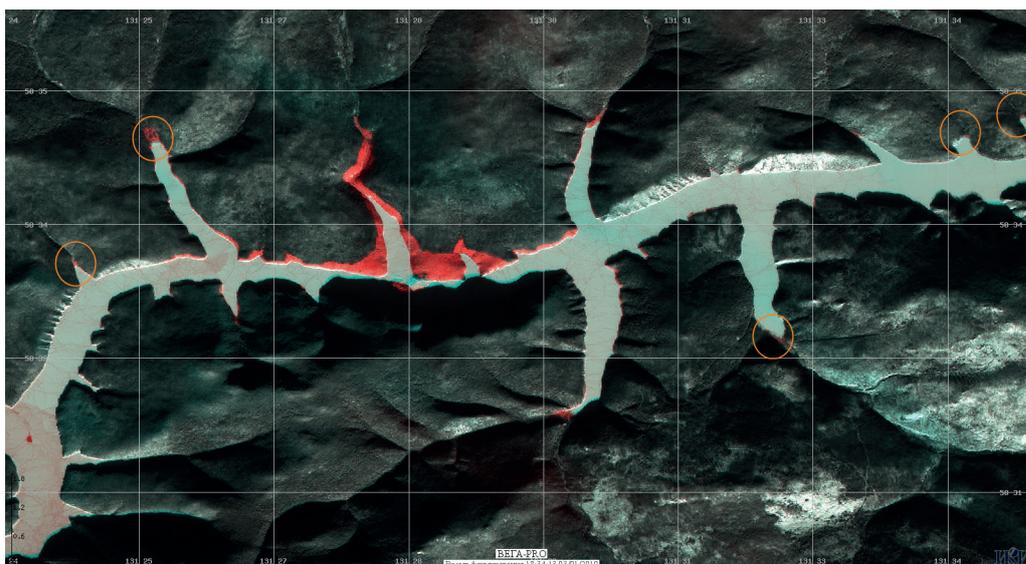


Рис. 3. Разновременной синтез района обрушения. Кругами отмечены максимально удалённые от района обвала зоны повреждения лесного покрова

Район, в котором произошло обрушение, является ненаселённым, поэтому время события можно установить только на основе данных спутниковых наблюдений. Последнее изображение района без следов разрушения, полученное со спутника Landsat-7, было принято 11.12.2018 в 02:03 GMT. То есть обрушение произошло между 11.12.2018 02:03 GMT и 12.12.2018 02:33 GMT (время наблюдения района спутником Sentinel-2B).

Для более точного определения времени события был проанализирован ряд данных наблюдений района обрушения прибором АНИ, установленным на спутнике Himawari-8. Прибор позволяет осуществлять наблюдения каждые 10 мин (Bessho et al., 2016). На рис. 4 представлены ряды наблюдений, полученные за период с 00:00 GMT 10.12.2018 до 00:00 GMT 13.12.2018.

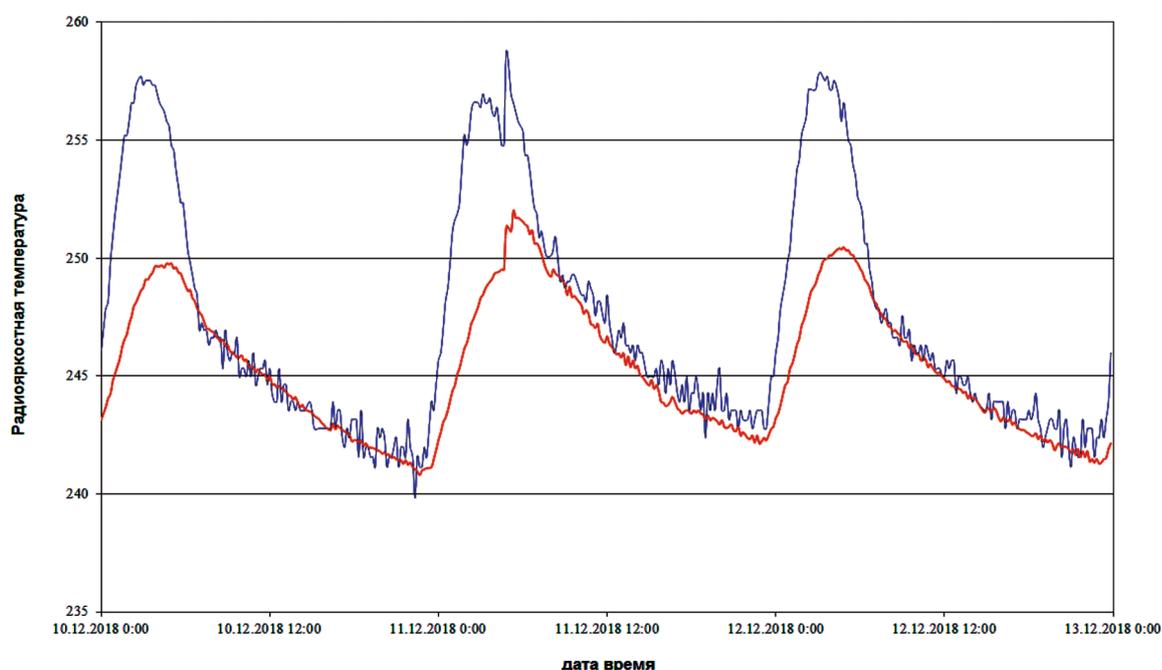


Рис. 4. Измерения в каналах 3,9 мкм (синий) и 11,2 мкм (оранжевый), полученные прибором АНИ в точке обрушения

На графиках хорошо видна температурная аномалия, возникшая 11.12.2018 в 04:30 GMT в канале 3,9 мкм и в 04:40 GMT в канале 11,2 мкм. Данные наблюдения могут, на наш взгляд, быть интерпретированы следующим образом. Примерно в 04:30 GMT происходит обрушение, которое проявляется в канале 3,9 мкм за счёт того, что разлетающаяся пыль понижает отражательную способность подстилающей поверхности. В результате обрушения выплёскивается достаточно большое количество относительно тёплой воды (температура воздуха в районе в момент события была около  $-20^{\circ}\text{C}$ , а у вышедшей на поверхность воды — больше  $0^{\circ}\text{C}$ ). Поэтому наблюдаемая температура в каналах 3,9 и 11,2 мкм значительно (более чем на  $2^{\circ}\text{C}$ ) повышается. После этого вышедшая на поверхность вода начинает остывать, замёрзает, и примерно к 08:00 GMT температурная аномалия в районе обрушения исчезает.

Таким образом, мы видим, что действующие в настоящее время спутниковые системы позволили подробно пронаблюдать довольно редкое событие (общий объём обрушения по данным наземных наблюдений, выполненных Управлением эксплуатации Бурейского водохранилища (<http://bureya.su/>), составил более 30 млн м<sup>3</sup>). Это позволило, в частности, оценить объёмы повреждения лесного покрова и достаточно точно определить время, когда произошло событие.

В заключение отметим, что русло реки Буряя на момент подготовки сообщения было полностью перекрыто. Это ограничивает приток воды в Бурейское водохранилище и создаёт опасность подтопления участков выше по течению реки. Отметим также, что пока по спутниковым данным не наблюдается резкого роста уровня реки выше по течению, поэтому можно надеяться, что на отдельных участках завала вероятен его размыв и пропуск воды. Однако сложившаяся ситуация, безусловно, требует дальнейшего постоянного мониторинга.

Для анализа спутниковых данных при подготовке сообщения применялись инструменты, предоставляемые системой Vega-Science (Барталев и др., 2016; Лупян и др., 2011), входящей в состав центра коллективного пользования «ИКИ-Мониторинг» (Лупян и др., 2015), а также развивающиеся и поддерживаемые в рамках темы «Мониторинг» (госрегистрация № 01.20.0.2.00164). Возможность использования данных спутника Himawari-8 была предоставлена Дальневосточным центром НИЦ «Планета» (<http://www.dvrcpod.ru>), в том числе с применением средств объединённой системы работы с данными центров НИЦ «Планета» (Лупян и др., 2014). Для детальной оценки зоны повреждения лесного покрова были использованы подходы, разрабатываемые в рамках проекта РФФИ РГО-а № 17-05-41152.

## Литература

1. Барталев С. А., Егоров В. А., Жарко В. О., Лупян Е. А., Плотников Д. Е., Хвостиков С. А., Шабанов Н. В. Спутниковое картографирование растительного покрова России. М.: ИКИ РАН, 2016. 208 с.
2. Лупян Е. А., Савин И. Ю., Барталев С. А., Толпин В. А., Балашов И. В., Плотников Д. Е. Спутниковый сервис мониторинга состояния растительности («ВЕГА») // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2011. Т. 8. № 1. С. 190–198.
3. Лупян Е. А., Милехин О. Е., Антонов В. Н., Крамарева Л. С., Бурцев М. А., Балашов И. В., Толпин В. А., Соловьев В. И. Система работы с объединёнными информационными ресурсами, получаемыми на основе спутниковых данных в центрах НИЦ «Планета» // Метеорология и гидрология. 2014. № 12. С. 89–97.
4. Лупян Е. А., Прошин А. А., Бурцев М. А., Балашов И. В., Барталев С. А., Ефремов В. Ю., Кашицкий А. В., Мазуров А. А., Матвеев А. М., Суднева О. А., Сычугов И. Г., Толпин В. А., Уваров И. А. Центр коллективного пользования системами архивации, обработки и анализа спутниковых данных ИКИ РАН для решения задач изучения и мониторинга окружающей среды // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2015. Т. 12. № 5. С. 247–267.
5. Bessho K., Date K., Hayashi M., Ikeda A., Imai T., Inoue H., Okuyama A. An introduction to Himawari-8/9 — Japan's new-generation geostationary meteorological satellites // J. Meteorological Society of Japan. Ser. II. 2016. No. 94(2). С. 151–183.

## Observation of the hill collapse zone near the Bureya River on December 11, 2018

L. S. Kramareva<sup>1</sup>, E. A. Loupian<sup>2</sup>, Yu. A. Amelchenko<sup>1</sup>, M. A. Burtsev<sup>2</sup>,  
Yu. S. Krashennnikova<sup>2</sup>, V. V. Sukhanova<sup>1</sup>, Yu. A. Shamilova<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Far-Eastern Center of SRC Planeta, Khabarovsk 680000, Russia  
E-mail: ovp@dvrcpod.ru

<sup>2</sup> Space Research Institute RAS, Moscow 117997, Russia  
E-mail: evgeny@smis.iki.rssi.ru

The report provides an analysis of satellite data depicting the Bureya River left bank collapse area. The collapse happened opposite to the Sredniy Sandar River influx into the Bureya River at the point with coordinates 50°33'38" N, 131°28'53" E. The collapse zone area is estimated at about 0.4 km<sup>2</sup> (estimates were made from Sentinel-2B data). The length of the collapse mound that dams the Bureya riverbed is about 600 m, the maximum width of the mound exceeds 600 m. The collapse-induced wave has almost totally destroyed the forest on the banks of the Bureya River and its feeders over the 140 ha area. Forest damage areas can be observed up to 7 km. upstream and up to 4 km down the river, which makes the total wave propagation zone longer than 10 km. The area of the collapse is uninhabited, so the exact time of the collapse can be determined only from satellite data. This was done by the analysis of the Himawari-8 satellite AHI instrument observation time series. This instrument provides observations every ten minutes. Analysis of the observation series over the December 10, 2018, 00:00 GMT — December 13, 2018, 00:00 GMT period has shown the temperature anomaly on December 11, 2018, 04:30 GMT in the 3.9 μm spectral band and on December 11, 2018, 04:40 GMT in the 11.3 μm spectral band. It indicates that the collapse began approximately at 04:30 GMT. It is first seen in the 3.9 μm band because of a dust cloud which decreases the surface reflectivity. After that, a large amount of warm water erupted on the surface (the air temperature at the collapse moment was about -20 °C, the erupted water temperature was above 0 °C) making the observed temperature in 3.9 and 11.3 μm bands significantly, more than 2 °C, higher. After that, the erupted water began freezing and approximately at 08:00 GMT the temperature anomaly disappeared. Thus the report shows that operational satellite systems have provided detailed observations of a rare phenomenon (the collapse total bulk exceeded 30 million m<sup>3</sup> according to in-situ observation data). It should be noted that by the time of preparation of this report the Bureya riverbed was completely dammed allowing no more water inflow into the Bureyskoe Reservoir, which means flooding danger to the upstream areas.

**Keywords:** Bureyskoe Reservoir, Bureya River, slope collapse, Earth observation satellite systems, Earth remote sensing

Accepted: 26.12.2018

DOI: 10.21046/2070-7401-2018-15-7-266-271

### References

1. Bartalev S.A., Egorov V.A., Zharko V.O., Loupian E.A., Plotnikov D.E., Khvostikov S.A., Shabanov N.V., *Sputnikovoe kartografirovaniye rastitel'nogo pokrova Rossii* (Land cover mapping over Russia using Earth observation data), Moscow: IKI RAN, 2016, 208 p.
2. Loupian E.A., Savin I.Yu., Bartalev S.A., Tolpin V.A., Balashov I.V., Plotnikov D.E., *Sputnikovyi servis monitoringa sostoyaniya rastitel'nosti ("VEGA")* (Satellite Service for Vegetation Monitoring VEGA), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2011, Vol. 8, No. 1, pp. 190–198.
3. Loupian E.A., Milekhin O.E., Antonov V.N., Kramareva L.S., Burtsev M.A., Balashov I.V., Tolpin V.A., Solov'yev V.I., *Sistema raboty s ob"edinennymi informatsionnymi resursami, poluchaemymi na osnove sputnikovyykh dannykh v tsentrakh NITs "PLANETA"* (System of operation of joint information resources based on satellite data in the Planeta Research Centers for Space Hydrometeorology), *Meteorologiya i gidrologiya*, 2014, No. 12, pp. 89–97.
4. Loupian E.A., Proshin A.A., Burtsev M.A., Balashov I.V., Bartalev S.A., Efremov V.Yu., Kashnitskiy A.V., Mazurov A.A., Matveev A.M., Sudneva O.A., Sychugov I.G., Tolpin V.A., Uvarov I.A., *Tsentr kollektivnogo pol'zovaniya sistemami arkhivatsii, obrabotki i analiza sputnikovyykh dannykh IKI RAN dlya resheniya zadach izucheniya i monitoringa okruzhayushchei sredy* (IKI center for collective use of satellite

- data archiving, processing and analysis systems aimed at solving the problems of environmental study and monitoring), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2015, Vol. 12, No. 5, pp. 263–284.
5. Bessho K., Date K., Hayashi M., Ikeda A., Imai T., Inoue H., Okuyama A., An introduction to Himawari-8/9 — Japan's new-generation geostationary meteorological satellites, *J. Meteorological Society of Japan. Ser. II*, 2016, No. 94(2), pp. 151–183.