Наблюдение за ходом взрывных работ и устройством прорана в зоне схода скальных пород на реке Бурея

Л. С. Крамарева¹, Е. А. Лупян², Ю. А. Амельченко¹, М. А. Бурцев², Ю. С. Крашенинникова², В. В. Суханова¹, Ю. А. Шамилова¹, А. В. Бородицкая¹

¹ Дальневосточный центр ФГБУ «НИЦ «Планета», Хабаровск, 680673, Россия E-mail: ovp@dvrcpod.ru

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

Настоящее сообщение посвящено анализу спутниковых данных по району проведения взрывных работ в месте обрушения сопки и схода скальных пород в р. Бурея напротив места впадения в неё р. Средний Сандар 11 декабря 2018 г. Скальные породы, обрушившиеся в Бурею и полностью перегородившие русло, значительно снизили приток воды в водохранилище Бурейской ГЭС и создали опасность подтопления населённых пунктов Чекунда, Эльга и Усть-Ургал выше по течению реки. Перепад уровня воды между верхней и нижней границами обвала к 15 января 2019 г. достиг 6,5 м и продолжал неуклонно повышаться, в результате чего было принято решение о частичной расчистке насыпи и формировании в нём прорана для пропуска воды. Согласно данным спутниковых наблюдений, проведение взрывных работ началось 21 января 2019 г. Работы велись в самом узком месте насыпи, образовавшейся после схода скальной породы. 2 февраля 2019 г. на спутниковых изображениях появилась открытая вода с двух сторон от насыпи и тонкая «ниточка» канала. Вода через канал пошла 10 февраля. В ходе дальнейших работ канал был расширен и спрямлён. Своих нынешних размеров он достиг к 12 февраля. Вода, проходящая через проран, образовала ниже насыпи обширную полынью, достигшую своих максимальных размеров 17-18 февраля. В настоящее время зона свободной воды, вследствие начавшихся процессов ледообразования, стала уменьшаться. Это связано с понижением интенсивности прохода воды через устроенный проран в результате падения уровня воды выше обвала, а также некоторого «засорения» канала и снижения его пропускной способности. Частичное освобождение русла р. Бурея позволило значительно снизить перепад уровня воды между верхней и нижней границами обвала и увеличить её приток в водохранилище Бурейской ГЭС. Однако весной вероятно возникновение в этом месте заторов льда, а также подтопления участков выше по течению реки, что, в свою очередь, может привести к подтоплению населённых пунктов Чекунда, Эльга и Усть-Ургал.

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

Одобрена к печати: 28.02.2019 DOI: 10.21046/2070-7401-2019-16-1-259-265

Настоящее сообщение посвящено анализу района проведения взрывных работ в месте обрушения сопки и схода скальных пород в р. Бурея напротив места впадения в неё р. Средний Сандар в точке с координатами 50°33′38″ с.ш. и 131°28′53″ в.д. по спутниковым данным. Согласно ранее проведённому исследованию, обрушение произошло 11 декабря 2018 г. примерно в 04:30 GMT, что привело к полному перекрытию русла р. Бурея. Анализ этого события на основе спутниковых данных приведён в работе (Крамарева и др., 2018а). Детальное описание события на основе как спутниковых данных, так и полевых наблюдений можно найти в статье (Остроухов и др., 2019).

Скальные породы, обрушившиеся в р. Бурея и полностью перегородившие русло, значительно снизили приток воды в водохранилище Бурейской ГЭС и создали опасность подтопления населённых пунктов Чекунда, Эльга и Усть-Ургал выше по течению реки. Перепад уровня воды между верхней и нижней границами обвала к 15 января 2019 г. достиг 6,5 м и продолжал неуклонно повышаться. Исходя из этого было принято решение о частичной расчистке насыпи и формировании в нём прорана для пропуска воды.

Дальневосточным центром НИЦ «Планета» и Институтом космических исследований РАН (ИКИ РАН) в этот период проводился постоянный мониторинг района обрушения. Наблюдение велось с использованием различных спутниковых систем.

Визуально начало проведения работ по расчистке насыпи было зафиксировано на изображении, полученном со спутника Sentinel-2A 21.01.2019 в 02:30 GMT (*puc. 1*). На снимке наблюдается зона проведения взрывных работ длиной 116 м и шириной 50 м.



Рис. 1. Район проведения взрывных работ 21.01.2019. Синтез в псевдоестественных цветах

Изображение района, полученное со спутника «Канопус-В» № 4 22.01.2019 в 01:41 GMT, представлено на *рис 2*. На спутниковом снимке наблюдается увеличение линейных размеров зоны проведения взрывных работ до 183 м в длину и 65 м в ширину.



Рис. 2. Район проведения взрывных работ 22.01.2019. Панхроматическое изображение

Из *рис.* 1, 2 видно, что взрывные работы проводятся в самом узком месте насыпи, образовавшейся после схода скальной породы.

Динамику ситуации в районе можно, в частности, проанализировать на анимированном изображении, построенном на основе данных прибора MSI, установленного на спутниках Sentinel-2A и Sentine-2B, которые были получены за период с 16.01.2019 по 25.02.2019 (http://smiswww.iki.rssi.ru/files/news/2019/1551106095.webm). Наблюдения проводились примерно раз в 2–3 дня.

На спутниковых изображениях за 2 февраля 2019 г. появилась открытая вода с двух сторон от насыпи и тонкая «ниточка» канала. Определить линейные размеры не представляется возможным в связи с недостаточным разрешением спутниковых приборов. Вода через канал пошла 10 февраля. В ходе дальнейших работ канал был расширен и спрямлён. Своих нынешних размеров он достиг к 12 февраля.

На снимке от 12 февраля, полученном со спутника Sentinel-2A в 02:18 GMT (*puc. 3*), в районе обвала скальных пород на р. Бурея наблюдается обширная полынья с чистой водой (на изображении имеет чёрный цвет) и водой, содержащей взвесь земли и битого льда (коричневый цвет). По краю полыньи — полоса ломающегося мокрого льда (серый цвет). Линейные размеры канала на момент съёмки составляют: на входе — 97 м, в самом узком месте — 48 м, на выходе — 102 м. Длина канала по спрямлённой части равна 271 м.



Рис. 3. Район наблюдения 12.02.2019: синтез в псевдоестественных цветах (*слева*), дешифрированное изображение (*справа*)

На снимках, полученных в последующие дни, наблюдается изменение в размерах и наполнении полыньи, образовавшейся вследствие бурного прохождения воды через канал ниже по течению. Полынья продолжала расширяться и примерно 17–18 февраля 2019 г. достигла максимальной площади, после чего стала уменьшаться за счёт начавшихся процессов ледообразования. Следует отметить, что в период наблюдений среднесуточные температуры в районе были стабильными (около -15 °C). Изменения размеров полыньи (*рис. 4* и *5*, см. с. 262) не привели к изменению линейных размеров канала.

Постоянный мониторинг зоны обрушения позволил проследить динамику проведения взрывных работ и устройство прорана в насыпи, образовавшейся вследствие схода скальных пород на р. Бурея. В частности, спутниковые наблюдения позволили определить дату начала прохода воды через проран и достаточно точно оценить линейные размеры канала.



Рис. 4. Изменение полыныи после устройства прорана. Дешифрированные изображения



Рис. 5. Сокращение зоны открытой воды. Чёрный цвет — зона воды, свободной ото льда 25.02.2019; зелёный цвет — лёд, образовавшийся в период с 20 по 22 февраля 2019 г.; синий цвет — лёд, образовавшийся в период с 22 по 25 февраля 2019 г.

В заключение отметим, что русло р. Бурея на момент подготовки сообщения частично освобождено. Это позволило значительно снизить перепад уровня воды между верхней и нижней границами обвала до 1,5 м и увеличить её приток в водохранилище Бурейской ГЭС. Однако ширина прорана в самом узком месте в 10,6 раз меньше ширины первоначального русла.

Наблюдаемое уменьшение зоны свободной воды в полынье связано с понижением интенсивности её прохода через устроенный проран в результате падения уровня воды выше обвала, а также некоторого «засорения» канала и снижения его пропускной способности. Весной вероятно возникновение в этом месте заторов льда, а также подтопление участков выше по течению реки, что, в свою очередь, может привести к подтоплению населённых пунктов Чекунда, Эльга и Усть-Ургал. Сложившаяся ситуация, безусловно, требует дальнейшего постоянного мониторинга.

При подготовке сообщения использовались методики анализа пространственно-временных изменений морфометрических характеристик водных объектов суши, применяемые в Дальневосточном центре НИЦ «Планета» (Крамарева и др., 2018б), а также инструменты анализа данных, предоставляемые системой Вега-Science (Барталев и др., 2016; Лупян и др., 2011), входящей в состав центра коллективного пользования «ИКИ-Мониторинг» (Лупян и др., 2015), развивающиеся и поддерживающиеся в рамках темы «Мониторинг» (госрегистрация № 01.20.0.2.00164) и средств объединенной системы работы с данными центров НИЦ «Планета» (Лупян и др., 2014). Данные спутника Нітаwari-8 принимаются и обрабатываются Дальневосточным центром НИЦ «Планета» (http://www.dvrcpod.ru).

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.
- Крамарева Л. С., Лупян Е.А., Амельченко Ю.А., Бурцев М.А., Крашенинникова Ю. С., Суханова В.В., Шамилова Ю.А. (2018а) Наблюдение зоны обрушения сопки в районе реки Бурея 11 декабря 2018 года // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2018. Т. 15. № 7. С. 266–271.
- 3. Крамарева Л. С., Суханова В. В., Филей А.А., Давиденко А. Н., Амельченко Ю.А., Бородицкая А. В., Лотарева З. Н., Шамилова Ю.А., Слесаренко Л.А. (2018б) Методики анализа пространственновременных изменений морфометрических характеристик водных объектов суши, применяемые в Дальневосточном центре НИЦ «Планета» // 16-я Всероссийская открытая конф. «Современные проблемы дистанционного зондирования земли из космоса»: сб. тез. конф. М.: ИКИ РАН, 2018. С. 43.
- 4. 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.
- 5. 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 объединенными информационными ресурсами, получаемыми на основе спутниковых данных в центрах НИЦ «Планета» // Метеорология и гидрология. 2014. № 12. С. 89–97.
- 6. Лупян Е.А., Прошин А.А., Бурцев М.А., Балашов И.В., Барталев С.А., Ефремов В.Ю., Кашницкий 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.
- 7. Остроухов А. В., Ким В. И., Махинов А. Н. Оценка морфометрических параметров оползня на Бурейском водохранилище и его последствий на основе ДДЗЗ и данных полевых измерений // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2019. Т. 16. № 1. С. 254-258.

Observing the progress of blasting operations and channeling in the area of the rock slide on the Bureya River

L. S. Kramareva¹, E. A. Loupian², Iu. A. Amelchenko¹, M. A. Burtsev², Yu. S. Krasheninnikova², V. V. Sukhanova¹, J. A. Shamilova¹, A. V. Boroditskaya¹

¹ Far-Eastern Center of State Research Center for Space Hydrometeorology "Planeta" Khabarovsk 680673, Russia E-mail: ovp@dvrcpod.ru
² Space Research Institute RAS, Moscow 117997, Russia E-mail: evgeny@smis.iki.rssi.ru

This report presents an analysis of satellite data on the area of blasting operations on the site of hill collapse and rock formation in the Bureya River bed opposite the confluence of the Middle Sandar River on December 11, 2018. The rocks that crashed into the Bureya River and completely blocked the channel significantly reduced the flow of water into the reservoir of the Bureyskaya HPP and caused the danger of flooding the Chekunda, Elga and Ust-Urgal settlements located upstream. By January 15, 2019, the water level difference at the upper and lower boundaries of the mound reached 6.5 m and continued to rise steadily. A decision was taken to partially clear off the mound and form a channel in it for water passage. According to satellite observations, blasting operations began on January 21, 2019. The work was carried out in the narrowest place of the mound formed after the landslide. On February 2, 2019, satellite images showed open water on both sides of the mound and a narrow stream. Water went through the channel on February 10. During further work, the channel was expanded and straightened. The channel has reached its current dimension by February 12. The water passing through the breach formed below the mound an extensive water opening that reached its maximum size on February 17–18. Currently, the free water zone has begun to decrease due to the beginning of ice formation processes. The decrease in the free water zone in the opening is connected with a decrease in the intensity of its passage through the breach. This is due both to a drop in the water level above the landslide and to a certain blockage of the channel and a decrease in its capacity. Partial release of the Bureya riverbed significantly reduced the water level difference between the upper and lower boundaries of the landslide and increased the flow of water to the reservoir of the Burevskava HPP. However, in the spring there is a risk of ice jams in this place and flooding upstream the river, which in turn could lead to flooding the Chekunda, Elga and Ust-Urgal settlements.

Keywords: Bureya Reservoir, Bureya River, Slope collapse, Earth observation satellite systems, Earth remote sensing

Accepted: 28.02.2019 DOI: 10.21046/2070-7401-2019-16-1-259-265

References

- 1. Bartalev S.A., Egorov V.A., Zharko V.O., Loupian E.A., Plotnikov D.E., Khvostikov S.A., Shabanov N.V., *Sputnikovoe kartografirovanie rastitel'nogo pokrova Rossii* (Land cover mapping over Russia using Earth observation data), Moscow: IKI RAN, 2016, 208 p.
- Kramareva L. S., Loupian E. A., Amelchenko Yu. A., Burtsev M. A., Krasheninnikova Yu. S., Sukhanova V. V., Shamilova Yu. A. (2018a), Nablyudenie zony obrusheniya sopki v raione reki Bureya 11 dekabrya 2018 goda (Observation of the hill collapse zone near the Bureya River on December 11, 2018), Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa, 2018, Vol. 15, No. 7, pp. 266–271.
- 3. Kramareva L. S., Sukhanova V.V., Filei A.A., Davidenko A. N., Amelchenko Yu.A., Boroditskaya A. V., Lotareva Z. N., Shamilova Yu.A., Slesarenko L.A. (2018b), Metodiki analiza prostranstvenno-vremennykh izmenenii morfometricheskikh kharakteristik vodnykh ob"ektov sushi, primenyaemye v Dal'nevostochnom tsentre NITs "Planeta" (Methods of inland water bodies morphometric parameters spatial and temporal dynamics analysis used in the Far-Eastern Center of SRC "Planeta"), *16-ya Vserossiiskaya otkrytaya konferentsiya "Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa"* (16th All-Russia Open Conf. "Current Problems in Remote Sensing of the Earth from Space"), Book of Abstracts, Moscow: IKI RAN, 2018, p. 43.

- 4. 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.
- Loupian E. A., Milekhin O. E., Antonov V. N., Kramareva L. S., Burtsev M. A., Balashov I. V., Tolpin V. A., Solovyev V. I., Sistema raboty s ob"edinennymi informatsionnymi resursami, poluchaemymi na osnove sputnikovykh 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.
- 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 sputnikovykh 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.
- 7. Ostroukhov A. V., Kim V. I., Makhinov A. N., Otsenka morfometricheskikh parametrov opolznya na Bureinskom vodokhranilishche i ego posledstvii na osnove DDZZ i dannykh polevykh izmerenii (Estimation of the morphometric parameters of the landslide on the Bureinskoe Reservoir and its consequences on the basis of remote sensing data and field measurements), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2019, Vol. 16, No. 1, pp. 254-258.