Сход скальных пород на реке Бурея — год спутникового мониторинга

Л. С. Крамарева¹, В. В. Суханова¹, М. А. Бурцев²,
Ю. А. Амельченко¹, Ю. А. Шапилова¹

¹ Дальневосточный центр «НИЦ «Планета», Хабаровск, 680000, Россия
E-mail: ovr@dvrspod.ru

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

Настоящее сообщение посвящено дальнейшему анализу спутниковых наблюдений по району обрушения сопки, произошедшего в декабре 2018 г. на берегу р. Бурея напротив места впадения в неё р. Средний Сандар. В 2019 г. проран, устроенный в образовавшейся насыпи на р. Бурея, пережил два значительных события, вызывавших особую тревогу специалистов: весенний ледоход и летний дождевой паводок, второй по величине после катастрофического паводка 2013 г. Как показали наблюдения, тревожные прогнозы по повторному сползанию берега и перегораживанию русла р. Бурея не оправдались. Паводковые воды способствовали размыву завала и незначительному увеличению прорана. Кроме этого, спутниковый мониторинг позволил выявить и проанализировать сезонные изменения в гидрологическом режиме р. Средний Сандар, появившиеся в связи с изменившимся ландшафтом. В результате проведённого анализа установлено, что период полного очищения ото льда р. Средний Сандар увеличился практически на месяц в сравнении со средним многолетним значением, а период полного становления льда снизился на 12 дней. В настоящее время ситуация в районе обрушения спокойная, угрозы подтопления населённых пунктов Чекунда, Эльга и Усть-Ургал нет, режим чрезвычайной ситуации в районе снят. Приток воды в водохранилище нормализовался, Бурейская ГЭС работает в штатном режиме. В дальнейшем естественный размыв насыпи током воды и восстановление русла р. Бурея продолжится, но этот процесс займёт продолжительное время.

Ключевые слова: Бурейское водохранилище, река Бурея, река Средний Сандар, обрушение склонов, проран на Бурее, спутниковые системы наблюдения Земли, дистанционное зондирование

Одобрена к печати: 21.02.2020

DOI: 10.21046/2070-7401-2020-17-1-271-276

Прошёл год с момента обнаружения схода скальных пород на р. Бурея. Интерес к произошедшему событию немного утих, однако наблюдения за этой зоной с помощью спутниковых систем продолжают. Особо хочется отметить два значительных события, которые пережил проран в 2019 г.: весенний ледоход и летний дождевой паводок, второй по величине после катастрофического паводка 2013 г. Ожидание этих событий сопровождалось тревожными прогнозами и опасениями специалистов.

Настоящая работа продолжает серию сообщений, посвящённых наблюдениям за зоной схода скальных пород на 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. (Крамарева и др., 2018а, 2019; Остроухов и др., 2019). Согласно ранее проведённому анализу, обрушение произошло 11 декабря 2018 г. примерно в 04:30 GMT, что привело к полному перекрытию русла р. Бурея и повлекло за собой значительное снижение притока воды в водохранилища Бурейской гидроэлектростанции (ГЭС). Также возникла угроза подтопления населённых пунктов Чекунда, Эльга и Усть-Ургал выше по течению реки. В связи с этим событием в регионе был введён режим чрезвычайной ситуации.

Для пропуска воды были проведены работы по частичной расчистке насыпи, в результате которых был сформирован проран с шириной: на входе в канал — 97 м, в самом узком месте — 48 м, на выходе из канала — 102 м. Длина канала по спрямлённой части составляла 271 м (Крамарева и др., 2019б).

Весенний пропуск паводковых вод через проран, вопреки опасениям, прошёл без осложнений. Согласно наблюдениям, проводимым Дальневосточным центром НИЦ «Планета» и Институтом космических исследований Российской академии наук (ИКИ РАН) с использованием данных различных спутниковых систем, активная фаза ледохода на р. Бурей и её притоках закончилась к 13 мая 2019 г. За счёт смыва паводковыми водами части насыпи со стороны берега произошло расширение прорана. Линейные размеры канала после полного очищения русла Буреи ото льда составили: на входе в канал — 178 м, в самом узком месте — 102 м, на выходе — 110 м, длина канала — около 400 м. Уровни воды ниже и выше места оползня сравнялись.

Наиболее значительные изменения в 2019 г. происходили в долине р. Средний Сандар, устье которой находится напротив сошедшего оползня и фактически представляет собой глубокий залив Бурейского водохранилища. На изображении, полученном со спутника Sentinel-2A 03.04.2019 в 02:30 GMT (рис. 1а), хорошо видно, что практически вся поверхность Среднего Сандара заполнена обломками раздробленных и вмёрзших в лёд деревьев. Было отмечено, что очищение ото льда соседей Среднего Сандара — Большого Сандара и Малого Сандара — происходило между 3–11 и 13–25 мая соответственно, что подтверждается изображениями со спутника Sentinel-2A (рис. 1б–г). Русло же Среднего Сандара оставалось под панцирем льда и вмёрзших в него деревьев вплоть до второй декады июня (рис. 1д, е).

Рис. 1. Изображения со спутника Sentinel-2A, синтез в естественных цветах:
а — 03.04.2019; б — 03.05.2019; в — 11.05.2019; г — 02.06.2019; д — 07.06.2019; е — 10.06.2019

Предположительно, такое «поведение» реки в весенний период не является нормой. Для уточнения средних сроков очищения ото льда Большого Сандара, Среднего Сандара и Малого Сандара был рассмотрен ряд ретроспективных данных с 2013 по 2018 г. В результате проведённого анализа установлено, что в рассматриваемый период очищение рек начина-

лось и заканчивалось практически одновременно. Так, начало таяния льда на реках Большой Сандар, Средний Сандар и Малый Сандар отмечается на снимках с середины апреля, окончание ледохода наступало к середине мая. Таким образом, в 2019 г. наблюдается смещение сроков ледотаяния Среднего Сандара: период полного очищения ото льда увеличился практически на месяц в сравнении со средним многолетним значением.

Вторая декада июня и июль в этом районе ознаменовались чередой циклонов, принёсших ливневые дожди высокой интенсивности и повторяемости для одних и тех же районов, вызвавшие дополнительный подъём уровней воды в верховье Буреи. Так, например, на гидрологическом посту Усть-Ниман из-за выпавших в окрестностях осадков с интенсивностью более 100 мм за сутки был зафиксирован подъём уровня воды на 4,5 м за сутки.

Сложная паводковая обстановка в верховьях Буреи создавала угрозу возникновения подпора в районе прорана, что, в свою очередь, могло привести к подтоплению населённых пунктов Чекунда, Эльга и Усть-Ургал выше по течению реки. Прохождение этой огромной массы дождевых вод через проран вызывало особую тревогу и сопровождалось ежедневным спутниковым мониторингом. Однако препятствий для стока дождевых вод не возникло. Произошло естественное увеличение ширины и глубины прорана, и вся дождевая вода свободно стекала в основную чашу Бурейского водохранилища, наполняя её и значительно увеличивая приток к створу ГЭС.

Согласно данным мониторинга, паводковые воды способствовали дальнейшему размыву завала и увеличению прорана. Также по сравнению с весенним периодом увеличился проход для вод Среднего Сандара. Изменение размеров каналов можно увидеть на разновременном синтезе спутниковых изображений (рис. 2).

Выпавшие дожди и увеличившийся проход в Бурею благоприятствовали значительному очищению русла Среднего Сандара от стволов деревьев, однако в истоке завалы продолжали наблюдаться (рис. 3, см. с. 274). Кроме того, в насыпи со стороны Среднего Сандара сформировался своеобразный залив (рис. 4, см. с. 274). После прохождения летнего дождевого паводка в этом районе паводковая обстановка оценивалась как спокойная.

Дальнейшее наблюдение за зоной схода скальных пород в р. Бурея позволило выявить особенности формирования ледяного покрова, появившиеся после события. Для сравнения были рассмотрены 2017, 2018 и 2019 гг.

В 2017 и 2018 гг. русла рек Малый Сандар, Средний Сандар и Большой Сандар начинали покрываться льдом и полностью замерзали с одинаковой скоростью. Следует отметить, что в период замерзания среднесуточные температуры в этом районе все три года были примерно одинаковыми (около -13°C — в начале замерзания, -23°C — во время полного замерзания). Временной интервал от начала до полного замерзания составляет порядка 20 дней. Однако в 2019 г. скорость замерзания Среднего Сандара значительно увеличилась, и река полностью покрылась льдом на 12 дней раньше своих соседей — Большого Сандара и Малого Сандара (рис. 5, см. с. 274).

С большой долей уверенности можно предположить, что этому способствовали некоторые вновь появившиеся факторы. Предположительно, одной из причин ускорения образования льда стало создание собственного микроклимата в связи с уничтожением на большой территории склонов Среднего Сандара лесного покрова, а именно изменение скорости и направления ветра, а также существенное выхолаживание почвы. Кроме того, все уничтоженные деревья были смыты в русло Среднего Сандара и остались на дне, засорив собой русло. Из-за образовавшихся завалов глубина русла существенно уменьшилась, снизилась скорость течения реки, о чём свидетельствует появление за насыпью тихих неглубоких заводей со стоячей водой.

Прошедший 2019 г. показал, что тревожные прогнозы не нашли своего подтверждения. Произошло естественное увеличение ширины и глубины прорана, сейчас там могут проходить маломерные суда. В настоящее время опасности подтопления населённых пунктов нет. Наполнение Бурейского водохранилища и приток воды к створу ГЭС нормализовалось, ГЭС работает в штатном режиме. Режим чрезвычайной ситуации в районе снят. В дальнейшем

Рис. 2. Изменение формы канала. Цветосинтез данных, полученных с Sentinel-2A 11.05.2019 и 06.08.2019. R-канал 650–680 нм. R — наблюдения 06.08.2019; G, B — наблюдения 11.05.2019

Рис. 3. Стволы деревьев, оставшихся в вершине р. Средний Сандар. Изображение со спутника Sentinel-2A от 06.08.2019. Синтез в естественных цветах

Рис. 4. Залив, образовавшийся в насыпи со стороны р. Средний Сандар. Изображение со спутника Sentinel-2A от 06.08.2019. Синтез в естественных цветах

а

б

Рис. 5. Изображения со спутника Sentinel-2A, синтез в естественных цветах: а — 17.11.2019; б — 29.11.2019

естественный размыв насыпи током воды и восстановление русла р. Бурея продолжится, но этот процесс займёт продолжительное время.

Для анализа спутниковых данных при подготовке сообщения использовались методики анализа пространственно-временных изменений морфометрических характеристик водных объектов суши, применяемые в Дальневосточном центре НИЦ «Планета» (Крамарева и др., 2018), а также инструменты анализа данных, предоставляемые системой Vega-Science (Барталев и др., 2016; Лупян и др., 2011).

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. 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., Бородинская А. В., Лотарева З. Н., Шамилова Ю. А., Слесаренко Л. А. (2018) Методики анализа пространственно-временных 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. Москва, 12–16 нояб. 2018. М.: ИКИ РАН, 2018. С. 43.
4. Крамарева Л. С., Лупян Е. А., Амельченко Ю. А., Бурцев М. А., Крашенинникова Ю. С., Суханова В. В., Шамилова Ю. А., Бородинская А. В. (2019) Наблюдение за ходом взрывных работ и устройством пропрана в зоне схода скальных пород на реке Бурея // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2019. Т. 16. № 1. С. 259–265.
5. 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.
6. 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.

Rock collapse on the Bureya River — the year of satellite monitoring

L. S. Kramareva¹, V. V. Sukhanova¹, M. A. Burtsev²,
Yu. A. Amelchenko¹, Yu. A. Shamilova¹

¹ Far-Eastern Center of SRC “Planeta”, Khabarovsk 680000, Russia
E-mail: ovp@dvrcpod.ru

² Space Research Institute RAS, Moscow 117997, Russia
E-mail: smis@smis.iki.rssi.ru

The report is devoted to further analysis of satellite observations of the area of the hill collapse that occurred in December 2018 on the banks of the Bureya River opposite the place where the Sredny Sandar River flows into it. In 2019, in the area of the canal formed in the embankment on the Bureya River, two significant events occurred that caused particular concern of specialists: spring ice drift and the second in volume summer rain flood, after the catastrophic flood of 2013. Observations showed that the alarming forecasts of the repeated collapse of the coast and blocking the Bureya river canal were not confirmed. Floodwaters contributed to the erosion of the embankment and a slight expansion of the canal. Also, satellite monitoring made it possible to identify and analyze seasonal changes

in the hydrological regime of the Sredny Sandar River, which appeared in connection with the changed landscape. As a result of the analysis, it was found that the period of complete cleansing of the Sredny Sandar River from the ice increased by almost a month compared to the average long-term value, and the period of ice formation decreased by 12 days. Now the situation in the collapse area is stable, there is no threat of flooding of the settlements of Chekunda, Elga and Ust-Urgal, the emergency mode removed. The inflow of water into the reservoir returned to normal, the Bureyskaya HPP is operating normally. In the future, the natural erosion of the embankment by the flow of water and the restoration of the Bureya river bed will continue, but this process will take a long time.

Keywords: Bureya River, Sredny Sandar River, collapse slopes, the Bureya river canal, satellite systems for Earth observation, remote sensing

Accepted: 21.02.2020

DOI: 10.21046/2070-7401-2020-17-1-271-276

Reference

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 satellite remote sensing data), Moscow: IKI RAN, 2016, 208 p.
2. Kramareva L.S., Loupian E.A., Amelchenko Yu.A., Burtsev M.A., Krashenninnikova 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" (The 16th All-Russia Open Conf. "Current Problems in Remote Sensing of the Earth from Space"), Book of Abstracts, Moscow, 12–16 Nov. 2018, Moscow: IKI RAN, 2018, p. 43.
4. Kramareva L.S., Loupian E.A., Amelchenko Yu.A., Belyaev M.Yu., Burtsev M.A., Sukhanova V.V., Shamilova Yu.A., Esakov A.M. (2019), Nablyudenie za dinamikoj prorana, ustroennogo v zone skhoda skal'nykh porod na reke Bureya (Dynamics of the channel on the Bureya River in the hill slope collapse area), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2019, Vol. 16, No. 2, pp. 278–283.
5. Loupian E.A., Proshin A.A., Burtsev M.A., Balashov I.V., Bartalev S.A., Efremov V.Yu., Kashnitskii A.V., Mazurov A.A., Matveev A.M., Sudneva O.A., Sychugov I.G., Tolpin V.A., Uvarov I.A., Tsentr kolektivnogo 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 system aimed at solving the problems of environmental study and monitoring), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2015, Vol. 12, No. 5, pp. 247–267.
6. Ostroukhov A.V., Kim V.I., Makhinov A.N., Otsenka morfometricheskikh parametrov opolznaya na Bureyskom vodokhranilishche i ego posledstviya na osnove DDZZ i dannykh polevykh izmerenii (Estimation of the morphometric parameters of the landslide on the Bureyskoe 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.