

**Семнадцатая Всероссийская Открытая конференция
«Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из
космоса»
ИКИ РАН 11 – 15 ноября 2019 г.**



**Комплексный анализ по данным
ДЗЗ зоны обрушения сопки в
районе реки Бурея 11 декабря
2018 года**

**Саворский В.П.^{1,2}, Бурцев М.А.², Захаров А.И.¹,
Остроухов А.В.³, Суханова В.В.⁴
savor@inbox.ru**

¹Институт радиотехники и электроники им. В.А.Котельникова РАН, Фрязинский филиал, Фрязино, Московская обл., 141190, Россия

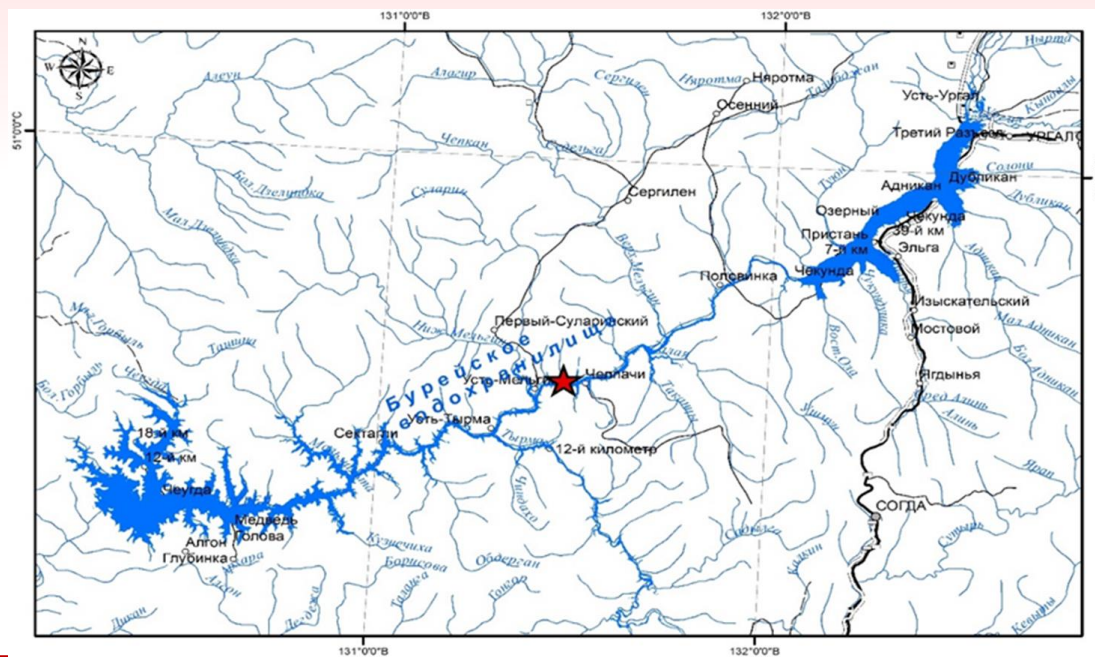
²Институт космических исследований РАН, Москва, 117997, Россия

³Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, Хабаровск, 680000, Россия

⁴Дальневосточный Центр НИЦ Планета, Хабаровск, 680000, Россия

Событие

В центре исследований находится обрушение сопки на Бурейском водохранилище, произошедший 11 декабря 2018 года, который вызвал полное перекрытие водохранилища в его центральной каньонной части прекратив сток воды между Чекундинским и Талаканским равнинными участками, а также наблюдение хода взрывных работ и устройство прорана



Оперативность

Следует отметить высокую оперативность научно-исследовательских коллективов, организовавших сбор актуальных данных, их обработку и глубокий анализ полученных результатов в сжатые сроки. Так, первые публикации в журнале «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса» появились уже в январе-феврале 2019 г.

Публикационная активность

1. Крамарева Л.С., Лупян Е.А., Амельченко Ю.А., Бурцев М.А., Крашенинникова Ю.С., Суханова В.В., Шамилова Ю.А. Наблюдение зоны обрушения сопки в районе реки Бурейя 11 декабря 2018 года // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2018. Т. 15. № 7. С. 266–271.
2. 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
3. Крамарева Л.С., Лупян Е.А., Амельченко Ю.А., Бурцев М.А., Крашенинникова Ю.С., Суханова В.В., Шамилова Ю.А., Боролицкая А.В. Наблюдение за ходом взрывных работ и устройством прорана в зоне схода скальных пород на реке Бурейя // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2019. Т. 16. № 1. С. 259–265.
4. Захарова Л.Н., Захаров А.И., Митник Л.М. Первые результаты радиолокационного мониторинга последствий оползня на реке Бурейя по данным Sentinel-1 // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2019. Т. 16. № 2. С. 69–74.
5. Захарова Л.Н., Захаров А.И. Наблюдение динамики зоны оползня на реке Бурейя по данным интерферометрической съёмки Sentinel-1 в 2017–2018 гг. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2019. Т. 16. № 2. С. 273–277.
6. Крамарева Л.С., Лупян Е.А., Амельченко Ю.А., Беляев М.Ю., Бурцев М.А., Суханова В.В., Шамилова Ю.А., Есаков А.М. Наблюдение за динамикой прорана, устроенного в зоне схода скальных пород на реке Бурейя // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2019. Т. 16. № 2. С. 278–283
7. Перерва Н.И., Давиденко А.Н., Амельченко Ю.А. Анализ причин формирования дождевых паводков в бассейне р. Бурейя в мае – июне 2019 г. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2019. Т. 16. № 4. С. 303–306.
8. Бондур В.Г., Захарова Л.Н., Захаров А.И., Чимитдоржиев Т.Н., Дмитриев А.В., Дагуров П.Н. Долговременный мониторинг оползневого процесса на берегу реки Бурейя по данным интерферометрической съёмки радаров L-диапазона. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2019. Т. 16. (в печати).

Вовлеченность коллективов

Важной чертой исследований является вовлеченность в них большого числа исследователей из научных коллективов Владивостока, Королева, Москвы, Улан-Удэ, Фрязино, Хабаровска

Москва, Институт космических исследований РАН

Хабаровск, Дальневосточный центр НИЦ Планета

Хабаровск, Институт водных и экологических проблем ДВО РАН

Фрязино, Институт радиотехники и электроники им. В. А. Котельникова РАН, Фрязинский филиал

Владивосток, Тихоокеанский океанологический институт им. В. И. Ильичева ДВО РАН

Москва, Научно-исследовательский институт аэрокосмического мониторинга «АЭРОКОСМОС»

Королёв, Ракетно-космическая корпорация “Энергия” имени С. П. Королёва

Улан-Удэ, Институт физического материаловедения СО РАН

Бурея

Бурея́, также **Бурёя** — река на [Дальнем Востоке России](#), левый приток [Амура](#). Протекает по территории [Хабаровского края](#) и [Амурской области](#) через несколько параллельно идущих с севера к югу хребтов [Турана](#) в общем направлении с СВ на ЮЗ.

Река образуется слиянием рек [Правая Бурея](#) и [Левая Бурея](#). Исток Правой Буреи на южных склонах хребта [Эзоп](#), Левой — на западных склонах хребта [Дуссе-Алинь](#). Длина — 623 км (от истоков Правой Буреи — 739 км), площадь бассейна — 70 700 км².

В бассейне реки около 1,5 тыс. озёр общей площадью свыше 51 км².

В верхнем течении Бурея — горная река, её среднее и нижнее течение приходится на [Зейско-Буреинскую равнину](#). Во время паводков расход воды достигал 18 100 м³/с.

В бассейне Буреи имеются месторождения угля, железной руды.

На реке возведены [Буре́йская](#) и [Нижнебу́рейская ГЭС](#), образующие [Буре́йский каскад ГЭС](#).

Площадь водохранилища при нормальном подпорном уровне (НПУ) — 750 км², при уровне мёртвого объёма (УМО) — 400 км², протяжённость — 234 км, ширина — до 5 км, полная и полезная ёмкость водохранилища — 20,94 и 10,73 км³ соответственно.

Бурея

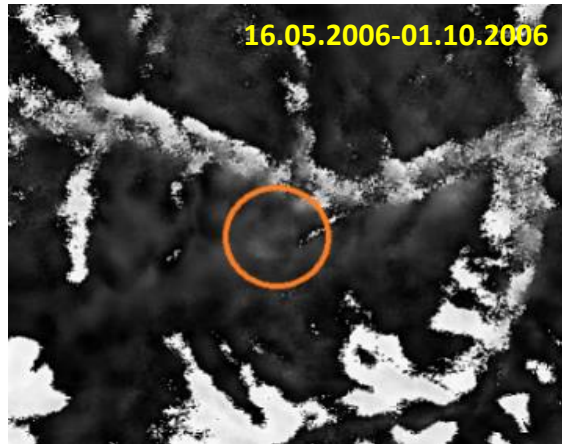


- ❑ Активизация оползнего процесса приходится на время завершения наполнения чаши водохранилища в 2006-2009 годах и спровоцирована как первоначальным подъемом, так и сезонными колебаниями уровня воды;
- ❑ Ширина реки в районе оползнего склона выросла за три года с 200 до 400 метров;
- ❑ Каньонное русло ручья Средний Сандар затоплено на расстояние 1,6 км вверх по течению;
- ❑ Уровень воды в устье ручья поднялся не менее чем на 60 метров.

Бондур В.Г., Захарова Л.Н., Захаров А.И., Чимитдоржиев Т.Н., Дмитриев А.В., Дагуров П.Н. Долговременный мониторинг оползнего процесса на берегу реки Бурея по данным интерферометрической съёмки радаров L-диапазона. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2019. Т. 16. (в печати).

Подготовка события

Фрагмент летней
интерферограммы
16.05.2006-01.10.2006



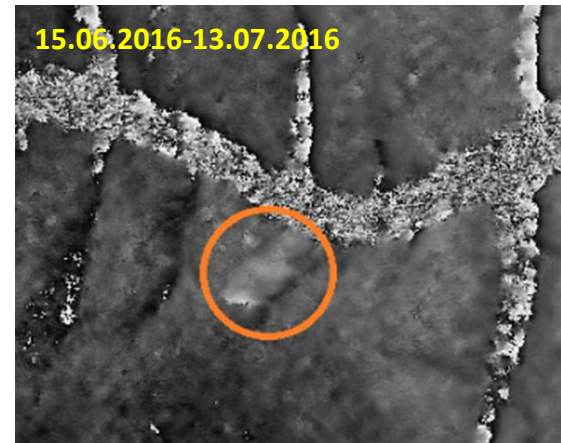
Фрагмент
интерферограммы
с двухлетним
интервалом
08.01.2007-28.02.2009



Фрагмент
интерферограммы с
годовым
интервалом
22.06.2015-20.06.2016



Фрагмент летней
интерферограммы
15.06.2016-13.07.2016,
содержащий зону
оползня



Бондур В.Г., Захарова Л.Н., Захаров А.И., Чимитдоржиев Т.Н., Дмитриев А.В., Дагуров П.Н. Долговременный мониторинг оползневого процесса на берегу реки Бурея по данным интерферометрической съёмки радаров L-диапазона. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2019. Т. 16. (в печати).

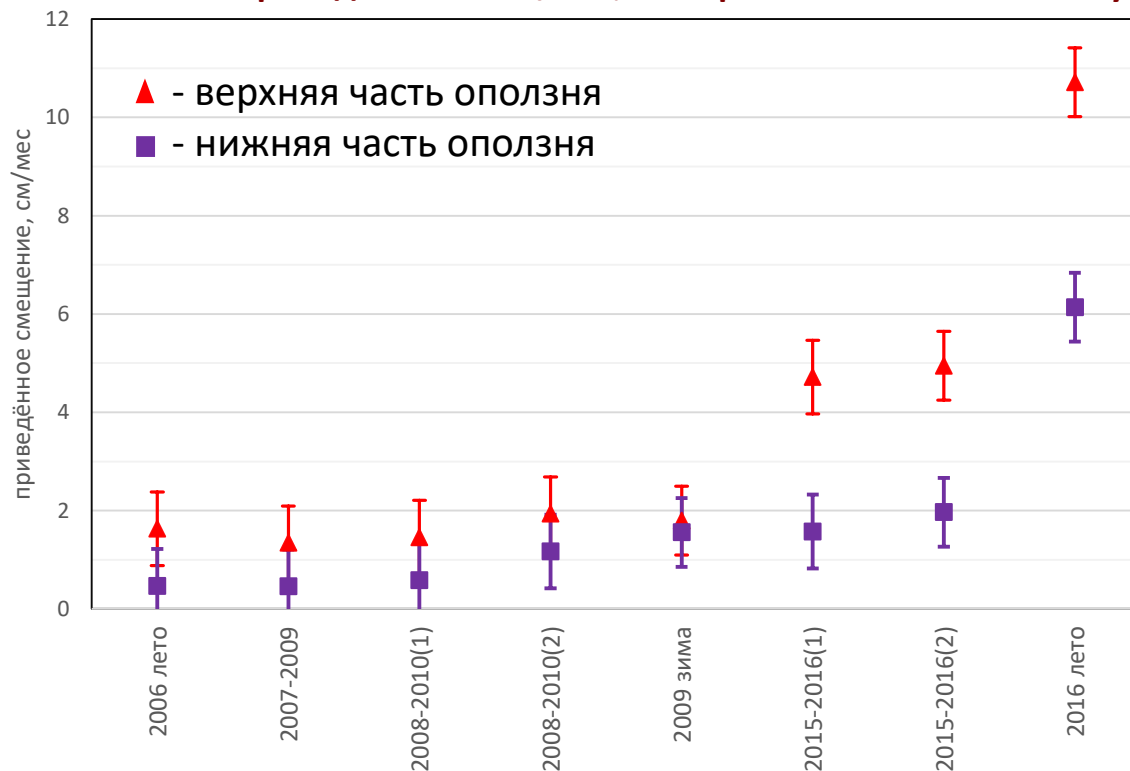
Подготовка события

Величины смещений, измеренные на интерферограммах PALSAR (2006-2010) и PALSAR-2 (2015-2016), приведённые к см/мес, в направлении вниз по склону

Смещения:

- в 2006-2010 гг. 1,6–1,9 см/мес;
- в 2015-2016 гг. 4,7–4,9 см/мес;
- летом 2016 г. 10,7 см/мес.

Сезонные колебания уровня воды в водохранилище порядка **16-19 метров**



Бондур В.Г., Захарова Л.Н., Захаров А.И., Чимитдоржиев Т.Н., Дмитриев А.В., Дагуров П.Н. Долговременный мониторинг оползневого процесса на берегу реки Бурея по данным интерферометрической съёмки радаров L-диапазона. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2019. Т. 16. (в печати).

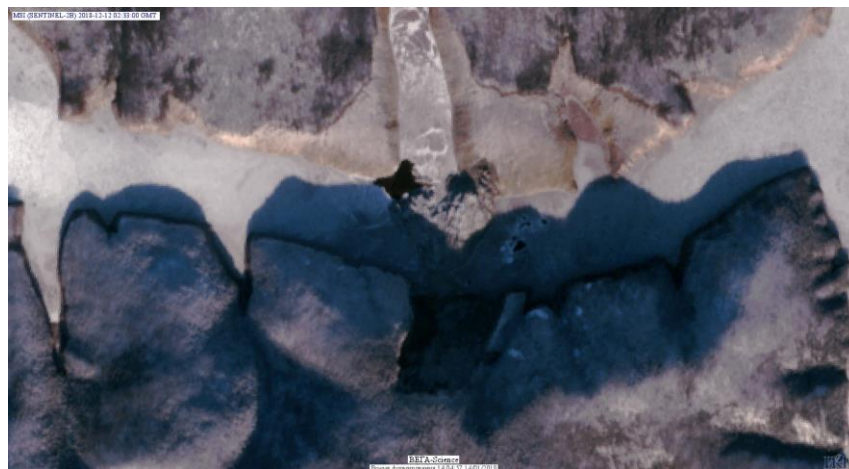
Захарова Л.Н., Захаров А.И. Наблюдение динамики зоны оползня на реке Бурея по данным интерферометрической съёмки Sentinel-1 в 2017–2018 гг. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2019. Т. 16. № 2. С. 273–277.

Наблюдение события

Район до обрушения левого берега реки Бурея 09.12.2018. Синтез в естественных цветах



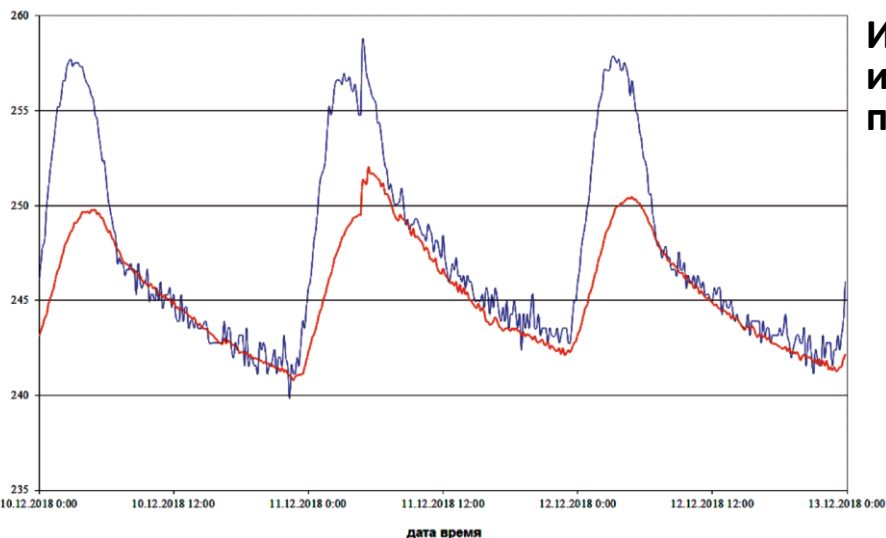
Район после обрушения левого берега реки Бурея 12.12.2018. Синтез в естественных цветах



- ❑ Обрушение произошло напротив места впадения в Бурею притока Средний Сандар в точке с координатами $50^{\circ}33'38''$ с. ш. и $131^{\circ}28'53''$ в. д.
- ❑ 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.

Крамарева Л.С., Лупян Е.А., Амельченко Ю.А., Бурцев М.А., Крашенинникова Ю.С., Суханова В.В., Шамилова Ю.А. 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.

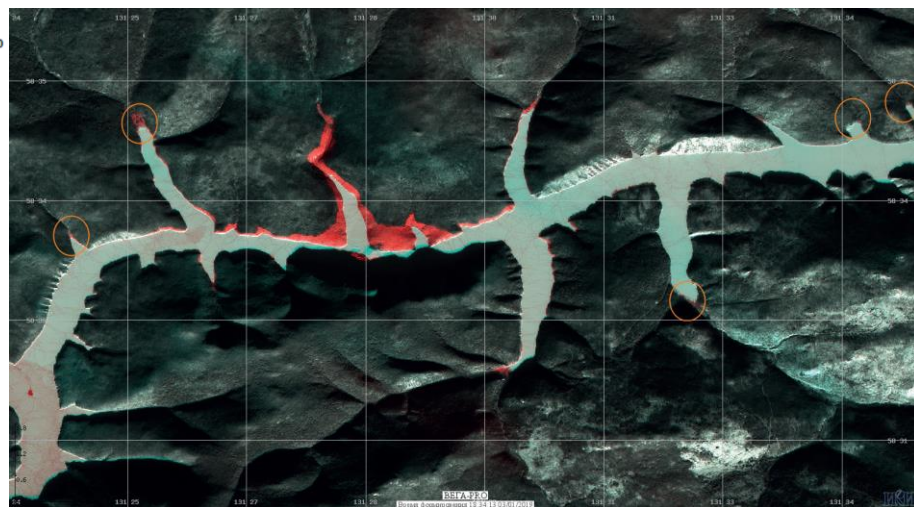
Наблюдение события



Измерения в каналах 3,9 мкм (синий) и 11,2 мкм (красный), полученные прибором ANI в точке обрушения

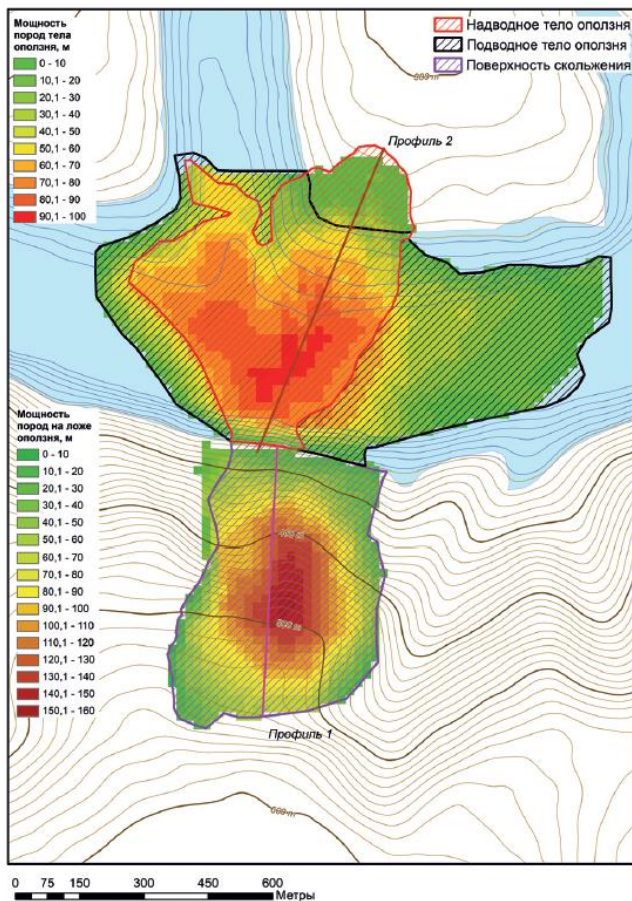
Наблюдаемая температура в каналах 3,9 и 11,2 мкм значительно (более чем на 2 °С) повышается из-за того, что на поверхность льда ($t = -20^{\circ}\text{C}$) выплеснулась вода ($t = 0^{\circ}\text{C}$)

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



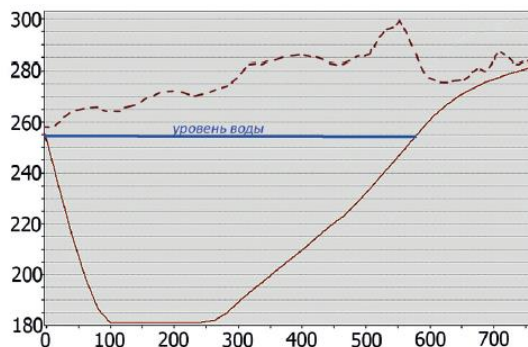
Крамарева Л.С., Лупян Е.А., Амельченко Ю.А., Бурцев М.А., Крашенинникова Ю.С., Суханова В.В., Шамилова Ю.А. Наблюдение зоны обрушения сопки в районе реки Бурей 11 декабря 2018 года // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2018. Т. 15. № 7. С. 266–271.

Параметры оползня

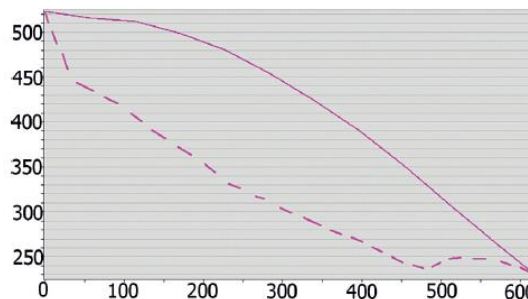


**Морфометрическая модель
поверхности скольжения и
оползневое тело**

Параметры	Площадь, м ²	Объём, м ³	Максимальная мощность, м
Первоначальное оползневое тело на склоне	273 361	18 896 566	155
Конечное оползневое тело в ложе водохранилища	532 128	23 497 180	94
надводная часть	275 061		



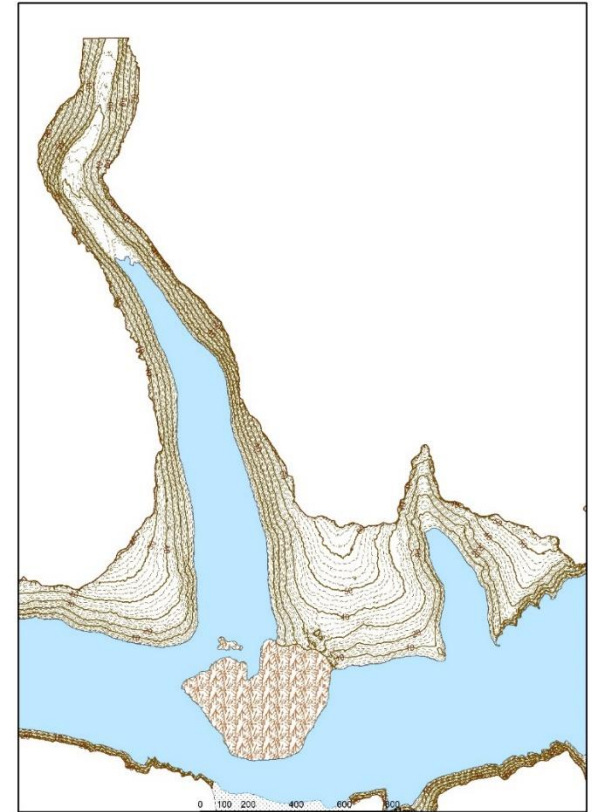
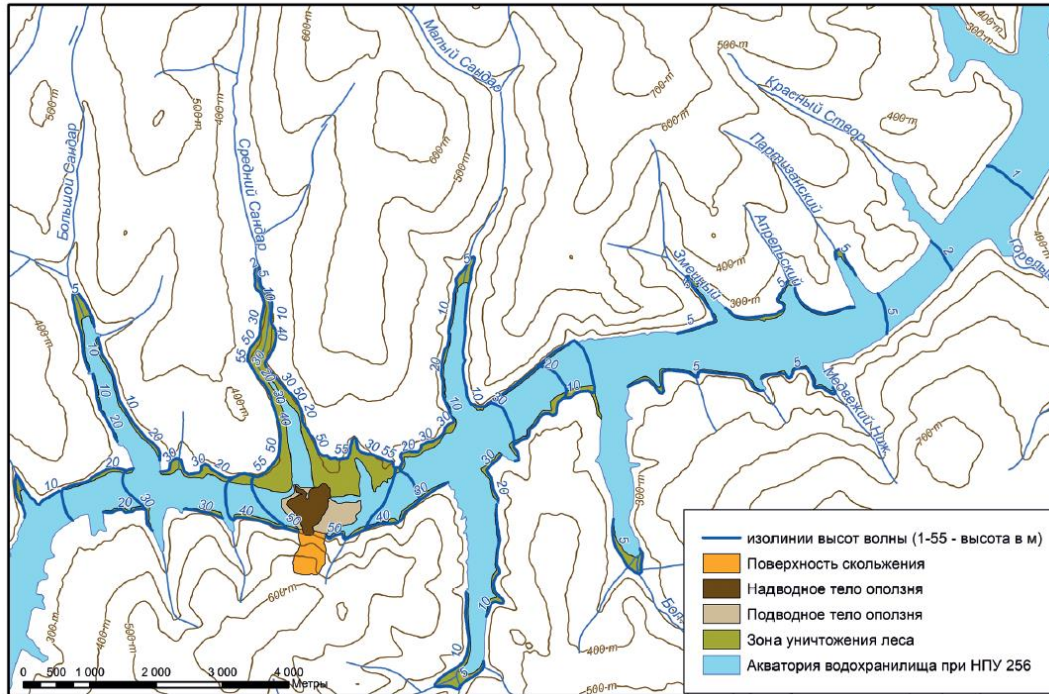
Профиль 1: сплошная линия — исходная поверхность, пунктир — поверхность скольжения



Профиль 2: сплошная линия — исходная поверхность, пунктир — поверхность тела оползня

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.

Параметры оползня



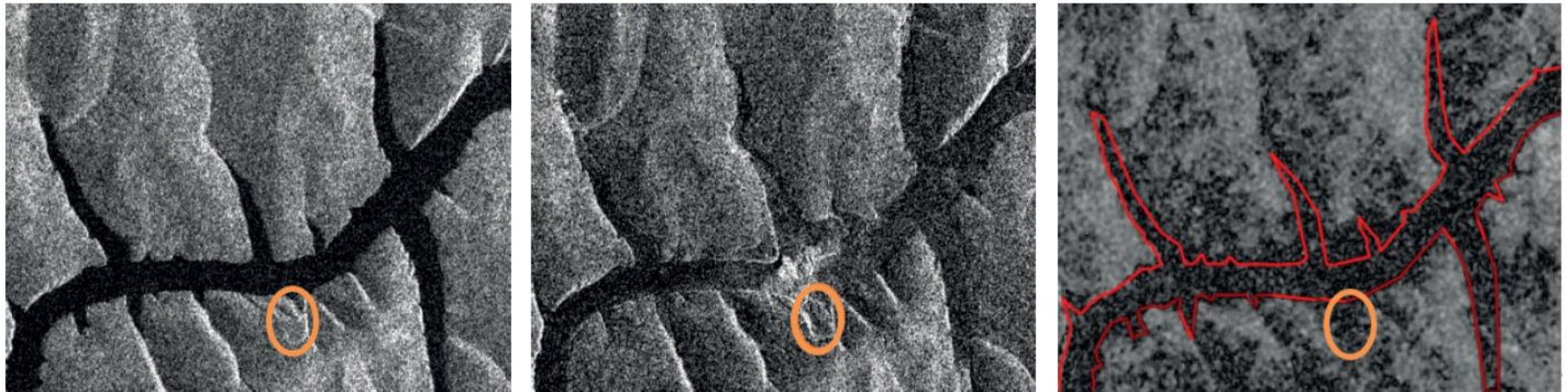
Площадь земель с уничтоженным лесом - 300 га
в зоне максимального воздействия высота волны - **90 – 95 м**
(данные июня 2019 года, ДТМ на основе аэрофотосъемки с БПЛА),
на удалении до 3 км – 30 м,
зона максимально удаленного воздействия составила 12 км на
северо-восток по водохранилищу

Зона уничтожения лесной растительности и высота вызванной оползнем волны

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.

Параметры оползня

Амплитудные изображения: а — 10 декабря 2018 г. до схода оползня; б — 22 декабря 2018 г. после схода оползня; в — интерферометрическая когерентность этой пары



а

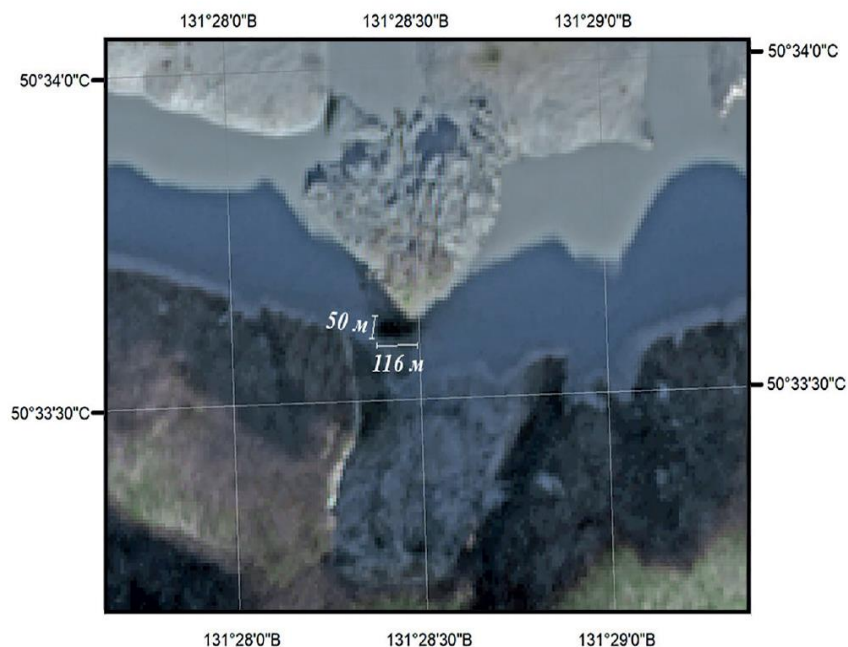
б

в

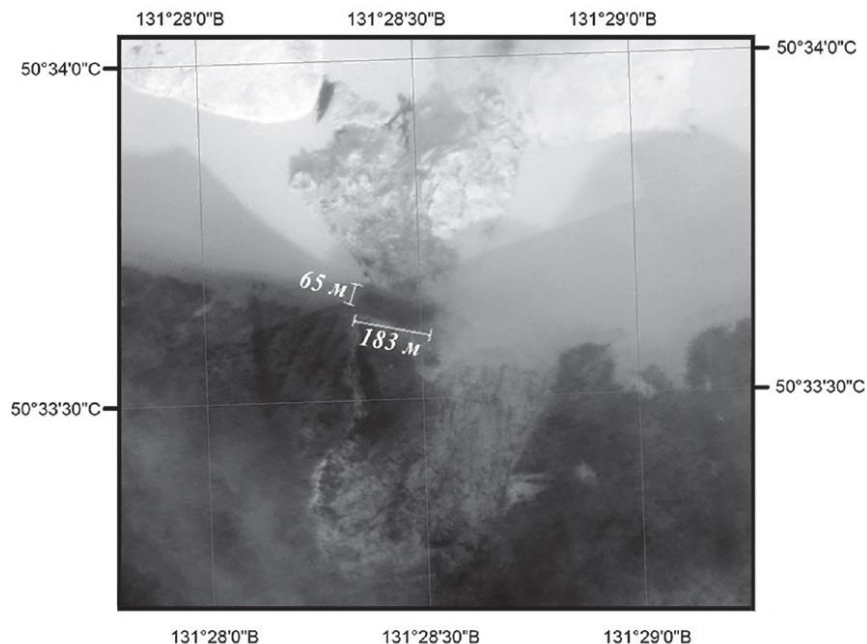
- ❑ объём сошедшего со склона сопки грунта составил не менее 18,5 млн м³, этот объём превышает 7 видимых объемов пирамиды Хеопса (2,58 млн. м³) или более 1400 стандартных «хрущевок» (13 тыс. м³),
- ❑ максимальное вертикальное смещение отражающей поверхности относительно цифровой модели рельефа SRTM после схода оползня достигло 140–150 м, площадь оползня в вертикальной проекции равна 22,8 га,
- ❑ в течение трёх месяцев после катастрофического события не выявлено также каких-либо заметных (более нескольких миллиметров) смещений почв берегового склона вследствие взрывных работ в перемычке русла реки в конце января 2019 г.

Захарова Л.Н., Захаров А.И., Митник Л.М. Первые результаты радиолокационного мониторинга последствий оползня на реке Буряя по данным Sentinel-1 // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2019. Т. 16. № 2. С. 69–74.

Наблюдение за ходом взрывных работ



Район проведения взрывных работ 21.01.2019. Синтез в псевдоестественных цветах. Sentinel-2A 21.01.2019 в 02:30 GMT

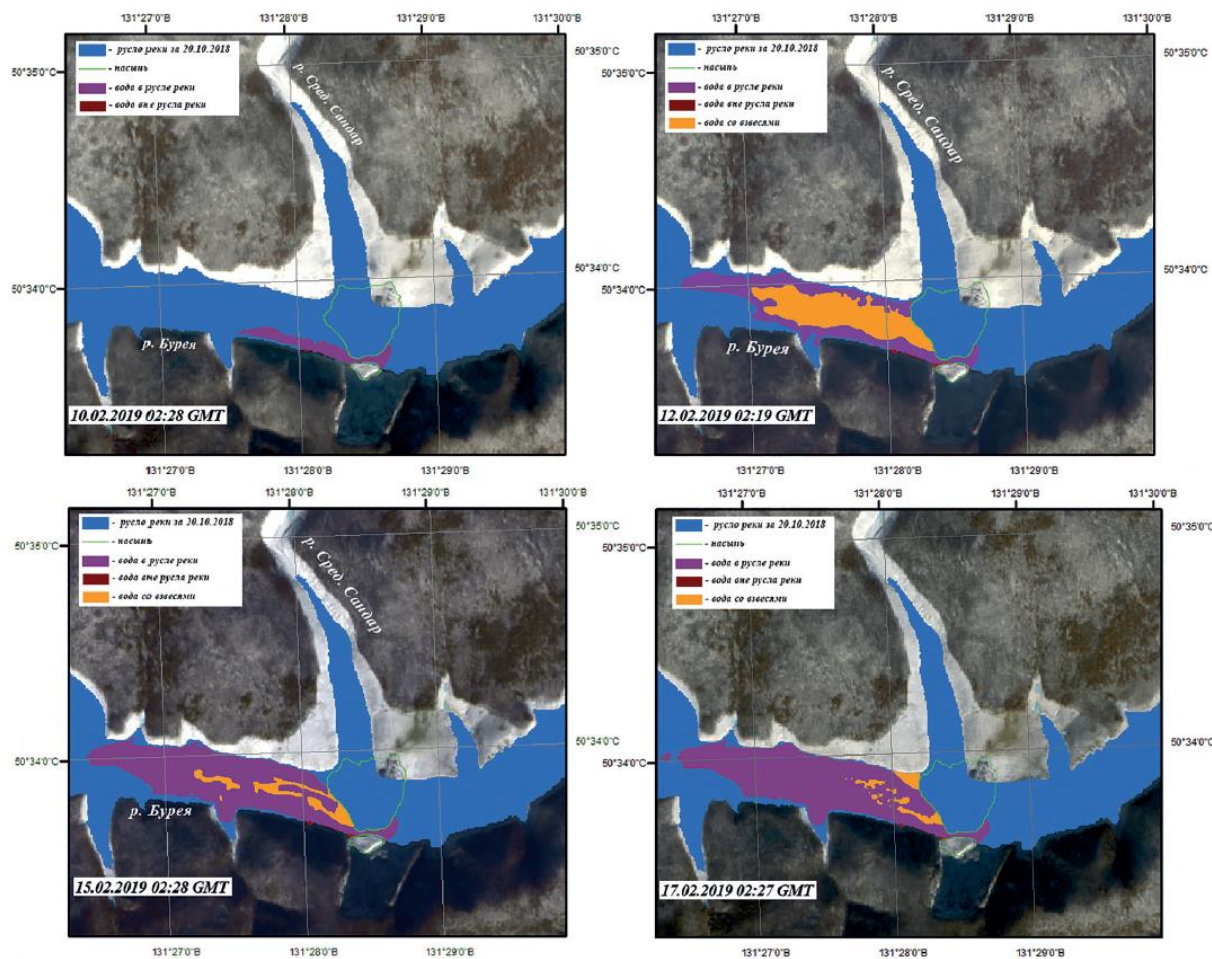


Район проведения взрывных работ 22.01.2019. Панхроматическое изображение. «Канопус-В» № 4 22.01.2019 в 01:41 GMT

Крамарева Л.С., Лупян Е.А., Амельченко Ю.А., Бурцев М.А., Крашенинникова Ю.С., Суханова В.В., Шамилова Ю.А., Бородинская А.В. Наблюдение за ходом взрывных работ и устройством прорана в зоне схода скальных пород на реке Бурей // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2019. Т. 16. № 1. С. 259–265.

Наблюдение за ходом взрывных работ

Изменение полыньи после устройства прорана.
Дешифрованные изображения



Наблюдается изменение в размерах и наполнении полыньи, образовавшейся вследствие бурного прохождения воды через канал ниже по течению.

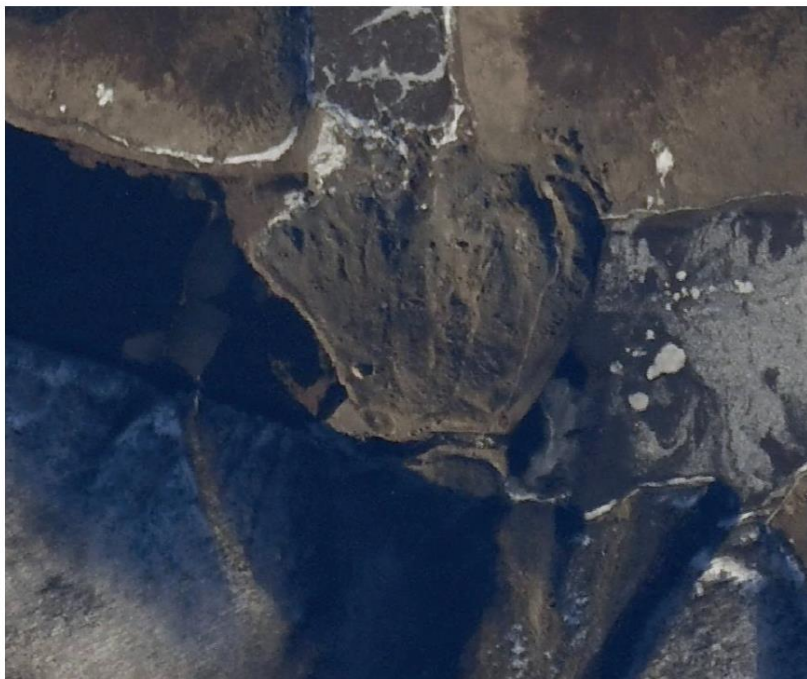
Наблюдение динамики прорана



**Изменение формы канала по данным ИСЗ Sentinel-2А.
Цветосинтез R (640–680 мкм), G (542–517 мкм), B (456–523 мкм).**

Крамарева Л.С., Лупян Е.А., Амельченко Ю.А., Беляев М.Ю., Бурцев М.А., Суханова В.В., Шамилова Ю.А., Есаков А.М. Наблюдение за динамикой прорана, устроенного в зоне схода скальных пород на реке Бурей // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2019. Т. 16. № 2. С. 278–283.

Наблюдение динамики прорана

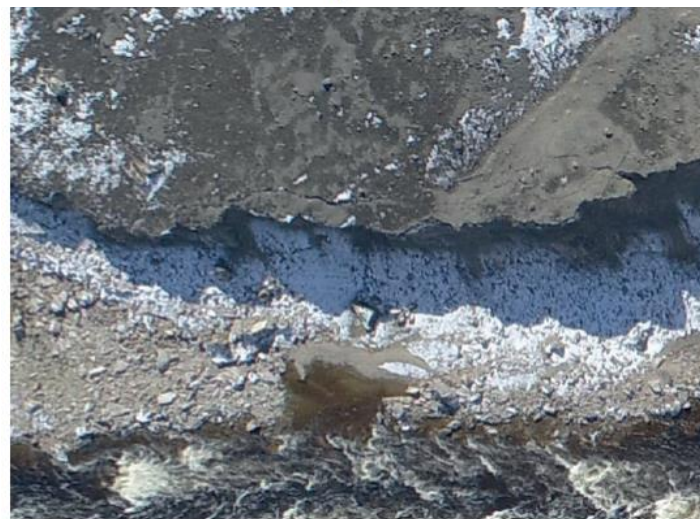


а

**Снимок с МКС 11.04.2019 (а);
Снимки Амурского бассейнового водного
управления Федерального агентства водных
ресурсов, полученные с помощью БЛА (б, в).**



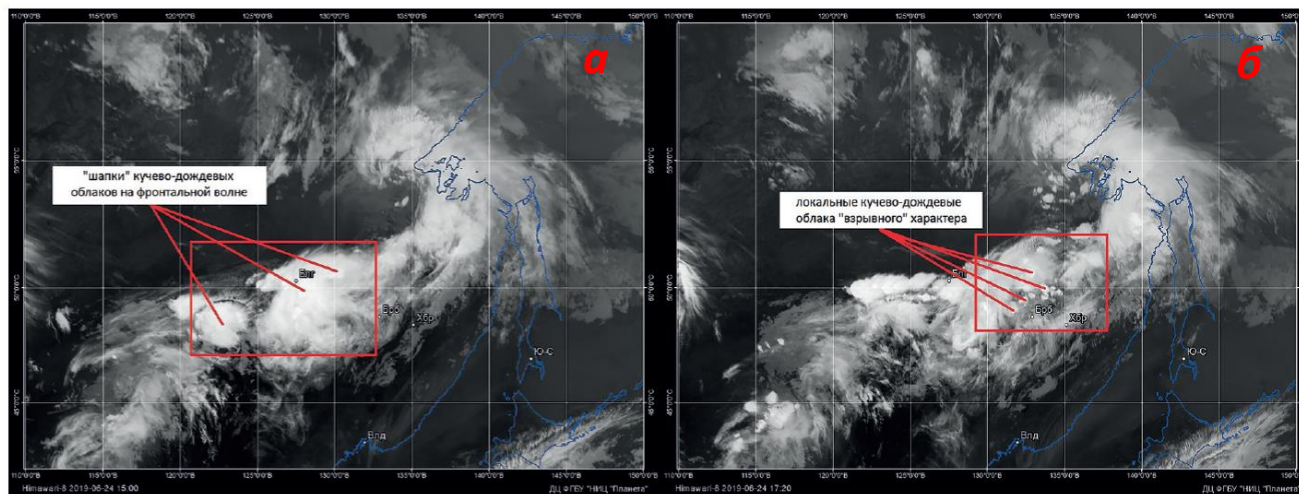
б



в

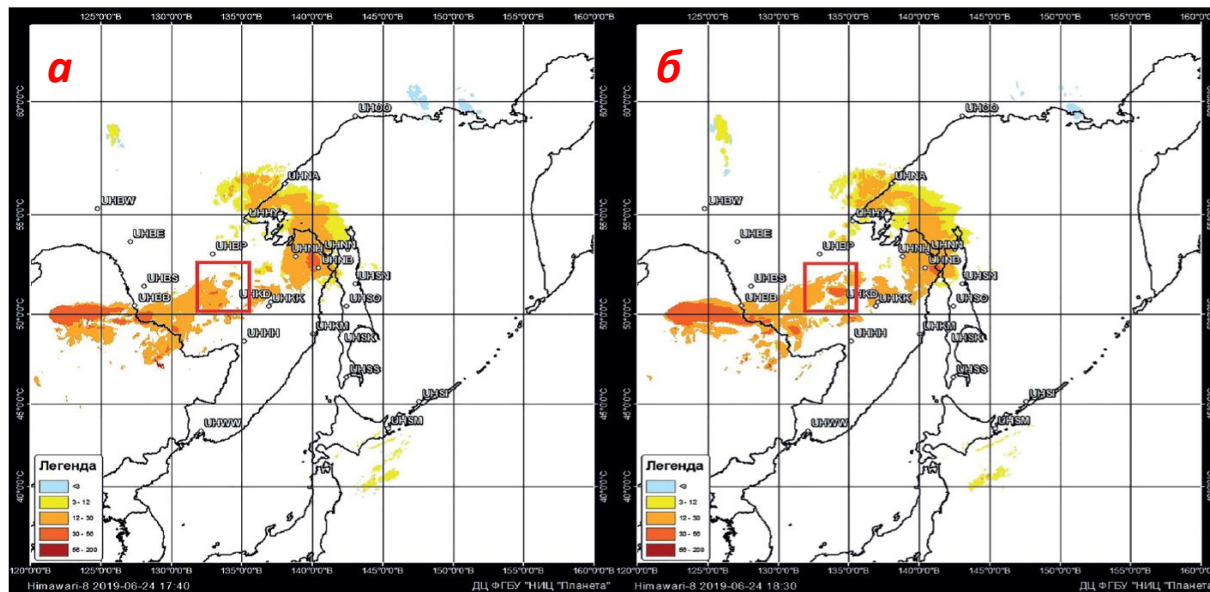
Крамарева Л.С., Лупян Е.А., Амельченко Ю.А., Беляев М.Ю., Бурцев М.А., Суханова В.В., Шамилова Ю.А., Есаков А.М. Наблюдение за динамикой прорана, устроенного в зоне схода скальных пород на реке Бурея // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2019. Т. 16. № 2. С. 278–283.

Текущий мониторинг



Снимок КА Himawari-8:
а (слева) — за 15:00
ВСВ 24.06.2019;
б (справа) — за 17:20
ВСВ 24.06.2019

**Интенсивность осадков по
данным КА Himawari-8:
а (слева) — за 17:40
ВСВ 24.06.2019;
б (справа) — за 18:30
ВСВ 24.06.2019**



Перерва Н.И., Давиденко А.Н., Амелченко
Ю.А. Анализ причин формирования дождевых
паводков в бассейне р. Буря в мае – июне
2019 г. // Современные проблемы
дистанционного зондирования Земли из
космоса. 2019. Т. 16. № 4. С. 303–306.

Выводы

- 1. Полученные результаты обеспечены всесторонним охватом исследований, в рамках которых использованы как наблюдения видимого и ИК диапазонов, так и данные радиолокационной съемки.**
- 2. В настоящее время можно на основе методов и технологий дистанционного зондирования проводить разносторонний анализ катастрофических явлений, их последствий и предшествующих им событий.**

Финансирование работ

Анализ представленных в докладе данных проведен с использованием возможностей системы ВЕГА-Science (<http://sci-vega.ru/>) (Лупян и др. 2011), входящей в состав Центра коллективного пользования (ЦКП) "ИКИ-Мониторинг" (<http://скр.geosmis.ru/>) (Лупян Е.А. и др., 2015; 2019), поддержка которого осуществляется в рамках темы «Мониторинг» (госрегистрация № 01.20.0.2.00164).

Работа выполнена в рамках Государственного задания ИРЭ им.В.А.Котельникова РАН, тема № 0030-2019-0008 «Космос» и

бюджетной темы НИР ИВЭП ДВО РАН «Природные опасности и антропогенные преобразования экосистем муссонных областей Северо-Восточной Азии» № гос. регистрации 115040910002

Спасибо за внимание!

