

УДК 528.8.044.2 + 528.873.044.1

АКТИВНЫЕ ДЕФОРМАЦИИ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ РАЗЛОМОВ МОНДИНСКОЙ ВПАДИНЫ ПО ДАННЫМ РСА-ИНТЕРФЕРОМЕТРИИ*

М. А. Лебедева¹, В. А. Саньков¹, А. И. Захаров², Л. Н. Захарова²

¹Институт земной коры Сибирского отделения Российской академии наук
Россия, 664047, Иркутск, Лермонтова, 128. E-mail: lebedeva@crust.irk.ru

²Фрязинский филиал Института радиотехники и электроники
имени В. А. Котельникова Российской академии наук
Россия, 141190, Фрязино Московской области, площадь им. акад. Б. А. Введенского, 1.
E-mail: aizakhar@sunclass.ire.rssi.ru

РСА интерферометрия впервые применена для исследования современных деформаций наблюдаемых в зоне сочленения субширотной Мондинской впадины и субмеридиональной Хубсугульской впадины юго-западного фланга Байкальской рифтовой системы. Данные, полученные с помощью метода интерферометрии повторного хода, коррелируют с геологическими и геодезическими данными.

Ключевые слова: дифференциальная РСА-интерферометрия, интерферограмма, современные деформации, трещины.

ACTIVE DEFORMATIONS IN THE ZONE OF INFLUENCE OF FAULTS OF MONDY BASIN BY SAR INTERFEROMETRY DATA

M. A. Lebedeva¹, V. A. Sankov¹, A. I. Zakharov², L. N. Zakharova¹

¹Institute of the Earth's Crust of Russian Academy of Sciences, Siberian Branch
128 Lermontov st., Irkutsk, 664047, Russia. E-mail: lebedeva@crust.irk.ru

²Fryazino Branch of Kotelnikov Institute of Radioengineering and Electronics of Academy of Sciences
1 Vvedensky square, Fryazino, Moscow region, 141190, Russia. E-mail: aizakhar@sunclass.ire.rssi.ru

SAR interferometry firstly used for the investigation of modern deformations observed in a zone of a joint of the sublatitudinal Mondy basin and submeridional Khubsugul basin of the south-west flank of the Baikal rift system. Data obtained by repeat-pass interferometry correlated with geological and geodetic data.

Keywords: differential SAR interferometry, interferogram, modern deformations, cracks.

Деформационная активность разрывных структур Мондинской впадины обуславливается их геодинамическим положением в зоне сочленения субмеридиональных активных разломов юго-западного фланга Байкальской рифтовой системы с субмеридиональными структурами Хубсугульской впадины. В ходе полевых исследований на южном плече Мондинской впадины была обнаружена серия протяженных трещин отрыва СВ-простираения, рассекающих кору выветривания и скальное основание на локальном водоразделе. Ширина рвов составляет 0,5–2,3 м, глубина до 1,5 м, длина от 30 до 120 м (рис. 1). Ширина зияния трещин в коренных породах достигает 0,5 м.

Для оценки скорости современных движений в пределах исследуемых структур мы применили метод дифференциальной РСА-интерферометрии. Суть метода состоит в обработке пар снимков, снятых в раз-

ное время таким образом, чтобы деформация происходила между пролетами спутников. При наложении снимков друг на друга вычитаются фазы сигналов и, таким образом измеряется изменение дальности по направлению к радару. В нашем исследовании применены снимки L-диапазона японских космических спутников ALOS/PALSAR. Длина волны при съемке в L-диапазоне составляет 23,6 см, что соответствует изменению дальности 11,8 см. Величина разности фаз отображается на интерферограмме. Изменения дальности по направлению к радару пересчитываются в истинные изменения земной поверхности на основании дополнительной информации об объекте и понимании геодинамических процессов. Для вычитания сигнала, обусловленного рельефом, используют цифровые модели рельефа (ЦМР).

* Данные спутниковой интерферометрии получены в рамках проекта 3rd ALOS RA при поддержке японского космического агентства JAXA. Работы выполняются при частичной поддержке фонда РФФИ (№ 13-05-01097_а) и проекта программы ОНЗ РАН № 7.7.

Применение пар снимков с маленькими перпендикулярными базами (B_{\perp}), позволяет уменьшить влияние рельефа на получаемый результат. При дополнительном вычитании ЦМР, такой подход позволяет наблюдать деформации даже в гористой местности, если деформации не попадают в область радиолокационной тени. Чтобы уменьшить влияние временной декорреляции, обычно рекомендуется также использовать снимки с небольшой временной базой. Однако известны случаи, когда хорошая корреляция может наблюдаться на протяжении нескольких лет [1]. Таким образом, метод РСА-интерферометрии позволяет уловить сантиметровые смещения поверхности, причем размеры самого объекта исследования (например, сейсмогенного разрыва или активного разлома со значительным крипом) могут достигать нескольких десятков километров. Существуют ограничения метода, такие, как временная декорреляция, происходящая из-

за изменения характеристик поверхности, и влияние атмосферных и ионосферных явлений. Ограничения и методы их преодоления детально описаны [2].

На интерферограмме, полученной из снимков с разницей пролетов 2 года (20090116–20070111), отчетливо выделяется линейная зона активных деформаций сантиметрового уровня (рис. 2). Перпендикулярная база интерферометрической пары мала (114 м), что позволяет исключить влияние остаточного рельефа. Длина структуры составляет около 4 километров. Сдвиг по линии визирования радара (LOS) составляет от 18 до 42 мм, что соответствует вертикальному смещению от 22 до 50 мм, либо горизонтальному смещению от 32 до 74 мм. На данном этапе исследования разделить вертикальную и горизонтальную составляющую смещения невозможно, вследствие применения пары только с одного (восходящего) пролета спутника.

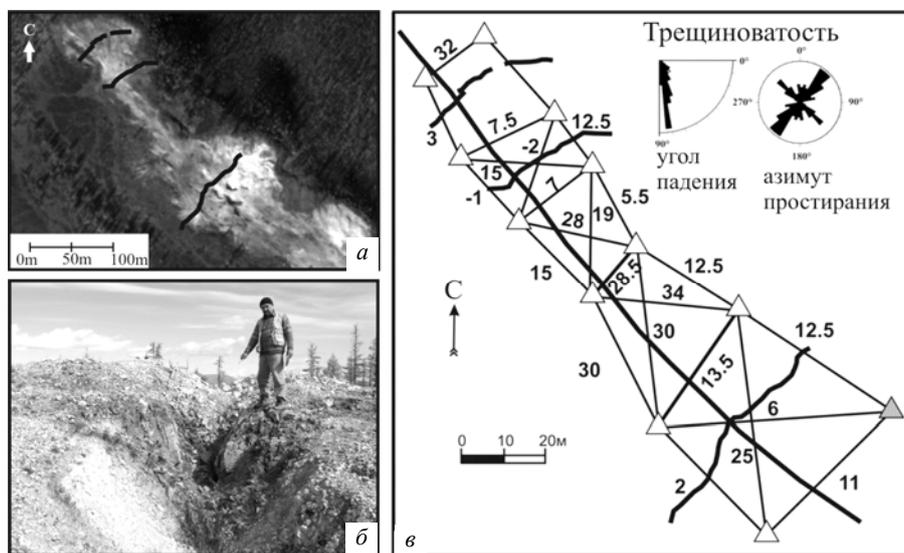


Рис. 1. Трещины в южном борту Мондинской впадины:

a – фрагмент космического снимка EROS A/B (на снимке старый карьер, расположенный в районе Мондинской обсерватории); *б* – вид одной из трещин; *в* – локальный геодезический полигон. Скорости изменения базовых линий измерены в зоне развития трещин. Толстыми линиями показаны трещины отрыва (извилистые линии) и сдвиговая зона СЗ простирания. Треугольники – пункты полигона. Серым цветом выделен опускающийся пункт. Цифры у базовых линий показывают скорости их изменения за период 2009–2011 гг. в мм/год

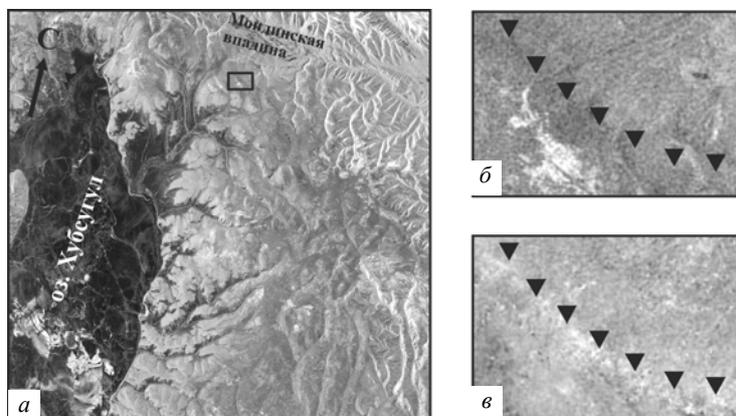


Рис. 2. Деформации земной поверхности в южном борту Мондинской впадины по данным РСА интерферометрии: *a* – обзорный амплитудный снимок; *б* – амплитудный снимок локального полигона; *в* – неразвернутая интерферограмма. Треугольниками показано положение зоны повышенных деформаций СЗ-простираения (светлая полоса)

Данные, полученные с помощью метода РСА-интерферометрии, коррелируют с данными геодезических измерений проведенных в период 2009–2011 гг. с использованием комплекта электронного тахеометра Leica TCR 405 (см. рис. 1, в). Результаты обработки данных измерений показали, что большинство базовых линий полигона испытывает удлинение с максимальными значениями, достигающими 30 мм/год. Отмечается опускание одного из пунктов в юго-восточной части полигона со скоростью более 20 мм/год. Остальные пункты либо стабильны по высоте, либо испытывают некоторое поднятие.

Таким образом, в зоне сочленения субширотной (Тункинской) и субмеридиональной (Хубсугульской) ветвей юго-западного фланга Байкальской рифтовой системы выявлена зона активного деформирования земной поверхности с характерными скоростями первые сантиметры в год. Активизация разрывных структур в ее пределах происходит в соответствии с современным полем напряжений. Большое влияние на деформации приповерхностной части горного массива, который испытывает удлинение в различных направлениях, оказывает сила гравитации. Данные наземной геодезии и РСА-интерферометрии по местоположе-

нию и интенсивности выявленных деформаций коррелируют между собой. Можно заключить, что исследование современных деформаций на основе данных РСА показали высокий потенциал метода для его использования в горно-таежных районах Сибири. Планируется продолжить исследование с обработкой других сцен и комбинированием их с геодезическими измерениями.

Библиографические ссылки

1. Massonnet D., Rabaute T. Radar interferometry: Limits and potential // IEEE Trans. on Geoscience and Remote Sensing. 1993. Vol. 31, № 2. P. 455–464.
2. Hanssen R. F. Radar interferometry. Data interpretation and error analysis / Delft University of Technology.

References

1. Massonnet, D., Rabaute, T. Radar interferometry: Limits and potential. IEEE Trans. on Geoscience and Remote Sensing. 1993, vol. 31, № 2, pp. 455–464.
2. Hanssen, R.F. Radar interferometry. Data interpretation and error analysis. Delft University of Technology, the Netherlands, 308 p.

© Лебедева М. А., Саньков В. А.,
Захаров А. И., Захарова Л. Н., 2013

УДК 550-551

ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОДЕФОРМАЦИЙ И ОПОЛЗНЕВЫХ ПРОЦЕССОВ СЕВЕРНЫХ ТЕРРИТОРИЙ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ НА ОСНОВЕ ИНТЕРФЕРОМЕТРИЧЕСКИХ ДАННЫХ*

Т. Н. Чимитдоржиев¹, М. Е. Быков¹, М. О. Лейбман², П. Н. Дагуров¹,
И. И. Кирбижекова¹, Ю. А. Дворников², Н. М. Бердников²

¹Институт физического материаловедения Сибирского отделения Российской академии наук
Россия, 670047, Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 6. E-mail: tchimit@ipms.bsnet.ru.

²Институт криосферы Земли Сибирского отделения Российской академии наук
Россия, 625000, Тюмень, ул. Малыгина, 86. E-mail: moleibman@gmail.com

В настоящее время на северной территории России происходят масштабные разрушительные процессы вследствие усиливающейся антропогенной нагрузки и глобального изменения климата. На основе радиолокационных изображений полуострова Ямал и Ямало-Ненецкого автономного округа методами дифференциальной интерферометрии и текстурного анализа локализованы участки микродеформаций и оползневых процессов.

Ключевые слова: радарная интерферометрия, текстурный анализ, оползневые процессы.

* Исследования выполнены при поддержке гранта № 144 «Криогенные ресурсы Арктики и Субарктики: состояние и структура криолитозоны, физико-химическое моделирование и биологический потенциал криогенных систем».