

Использование данных PALSAR при выполнении геодинимического мониторинга нефтегазовых месторождений

Ю.В. Васильев¹, А. В. Евтюшкин²,
О.С. Мартынов¹, А.В. Радченко¹, А. В. Филатов²

¹*Западно-Сибирский филиал
Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН,
625670 Тюмень, ул.Володарского, 56
E-mail: radan92@list.ru ;*

²*Югорский НИИ информационных технологий,
628011 Ханты-Мансийск, ул. Мира, 151
E-mails: avy@uriit.ru, fav@uriit.ru*

Работа описывает результаты интерферометрической обработки радиолокационных измерений соответствующих участку земной поверхности в пределах границ Самотлорского месторождения, покрываемому одним радарным кадром. Используются радарные данные ALOS/PALSAR за 2007-09 гг., предоставленные Японским аэрокосмическим агентством (JAXA). Построены карты вертикальных смещений, отражающие динамику земной поверхности Самотлорского и Губкинского нефтегазовых месторождений за 2007-09 гг. Результаты представлены в виде пространственных профилей через мульду оседания и сглаженных карт смещений, полученных с помощью интерполяции отдельных точечных значений. Совместный анализ профилей и карт смещений показывает уменьшение величины вертикальных просадок, образующих мульду оседания. Результаты, полученные на основе радарной космической съемки согласуются с материалами высокоточных геодезических измерений на Самотлорском и Губкинском геодинимический полигонах за 2007-09 гг.

Ключевые слова: Радиолокационная интерферометрия, цифровая модель местности, карта смещений, геодинимический полигон, ALOS, PALSAR.

Введение

Для обеспечения геодинимической безопасности от влияния разработки нефтегазовых месторождений на природную геэкологическую среду, промышленные и гражданские сооружения, попадающие в площадь горного отвода, проводятся работы по горноэкологическому мониторингу. Эффективным методом, позволяющим получать площадные оценки вертикальных и плановых смещений земной поверхности, является радиолокационная интерферометрия. Применение метода интерферометрической обработки радарных изображений на территорию Ханты-Мансийского автономного округа выявило сложности в расчете смещений, связанные с географическими и геологическими особенностями региона и характером регистрируемых подвижек. Из-за условий отражения зондирующего сигнала от ландшафтов характерных для данной местности не для всей территории удастся получить достаточно информативные интерферограммы. Происходит временная декорреляция отраженных поверхностью сигналов даже при незначительном интервале между повторными съемками одной и той же территории (временная база) [1, 5].

Исходя из проведенных теоретических исследований [2, 3], для обработки выбраны радиолокационные снимки сенсора PALSAR, установленного на космическом аппарате ALOS. Космоснимки предоставлены в рамках научного гранта Японского аэрокосмического агентства (JAXA) по теме «Обнаружение подвижек земной поверхности в районах интенсивной нефтедобычи методом радиолокационной интерферометрии» (07/JAXA/ASP No. 0704001). В работе [4] рассмотрены результаты обработки радарных кадров на терри-

торию Самотлорского геодинамического полигона за 2007-08 гг., в результате которой построены цифровая модель местности и карта вертикальных смещений земной поверхности. Карта смещений отражает геодинамическое состояние Самотлорского нефтяного месторождения, разрабатываемого более 40 лет, и на качественном уровне согласуется с мультдой оседания, построенной по данным наземных измерений на Самотлорском геодинамическом полигоне (СГДП).

В данной работе ставится задача совместного анализа результатов интерферометрической обработки радарных кадров ALOS\PALSAR на территорию Самотлорского и Губкинского месторождений за 2007-09 гг. Дополнительно определена форма представления, позволяющая сравнивать полученные результаты с материалами высокоточной геодезической съемки на геодинамических полигонах.

Выбор радарных данных

В таблице 1 приведены составленные интерферометрические пары снимков и их применение в процессе оценки смещений земной поверхности Самотлорского месторождения. Параметры съемки: длина волны – 23см (L-диапазон), режим съемки – FBD с двумя комбинациями поляризаций, угол обзора поверхности – 38°, пространственное разрешение – 10м. Выбраны снимки, полученные при излучении и приеме горизонтально поляризованного сигнала (HH), что дает наилучшее проникновение сквозь растительные покровы. При обработке большой территории, покрываемой несколькими радарными кадрами, неизбежно возникают перепады в местах совмещения карт смещений, связанные с различием времени съемки и условий распространения сигнала от радара до поверхности Земли. Поэтому в данной работе выбрана часть территории Самотлорского месторождения, попадающая в границы одного кадра. Назначение исходных кадров определено в соответствии с параметрами съемки.

Таблица 1. Пары кадров PALSAR на территорию Самотлорского месторождения за 2007-09 гг.

<i>Master – снимок</i>		<i>Slave – снимок</i>		<i>Длина базовой линии, м</i>
<i>Идентификатор</i>	<i>Дата</i>	<i>Идентификатор</i>	<i>Дата</i>	
Построение опорной цифровой модели местности				
ALPSRP130501220	06.07.2008	ALPSRP137211220	21.08.2008	3427
Расчет вертикальных смещений земной поверхности				
ALPSRP076821220	04.07.2007	ALPSRP130501220	06.07.2008	1362
ALPSRP130501220	06.07.2008	ALPSRP184181220	09.07.2009	466

Обработка радарных данных

На основе радарных кадров ALOS\PALSAR (табл. 1) с использованием программного обеспечения ENVI\SARscape проведена трехпроходная интерферометрическая обработка. Построена опорная цифровая модель местности, отражающая состояние дневной поверхности Самотлорского месторождения на июль 2008 г. С использованием полученной цифровой модели местности получены карты вертикальных смещений земной поверхности за 2007-08 гг. и 2008-09 гг. В ходе дифференциальной интерферометрической

обработки использованы радиолокационные измерения, проведенные в один и тот же месяц каждого года, что позволяет снизить влияние сезонных колебаний уровня торфяных болот. Для получения абсолютных значений вертикальных смещений земной поверхности в качестве наземных опорных точек использованы пункты СГДП. Измерения на СГДП проводятся ЗАО НПП «Центр прикладной геодинамики» ежегодно, начиная с 2002 г. Смещения, зафиксированные при помощи высокоточной нивелировки в течение двух циклов измерений 2007-09 гг., использованы для корректировки значений, полученных методом радиолокационной интерферометрии.

Результаты дифференциальной интерферометрической обработки радарных кадров (табл. 1) представлены на рисунке 1 в виде пространственных профилей, что позволяет наглядно показать величину вертикальных смещений земной поверхности Самотлорского месторождения в мульде оседания. Совмещение профилей, построенных на основе результатов обработки радарных данных за 2007-08 гг. и 2008-09 гг., позволяет отследить динамику смещений в течение двух лет.

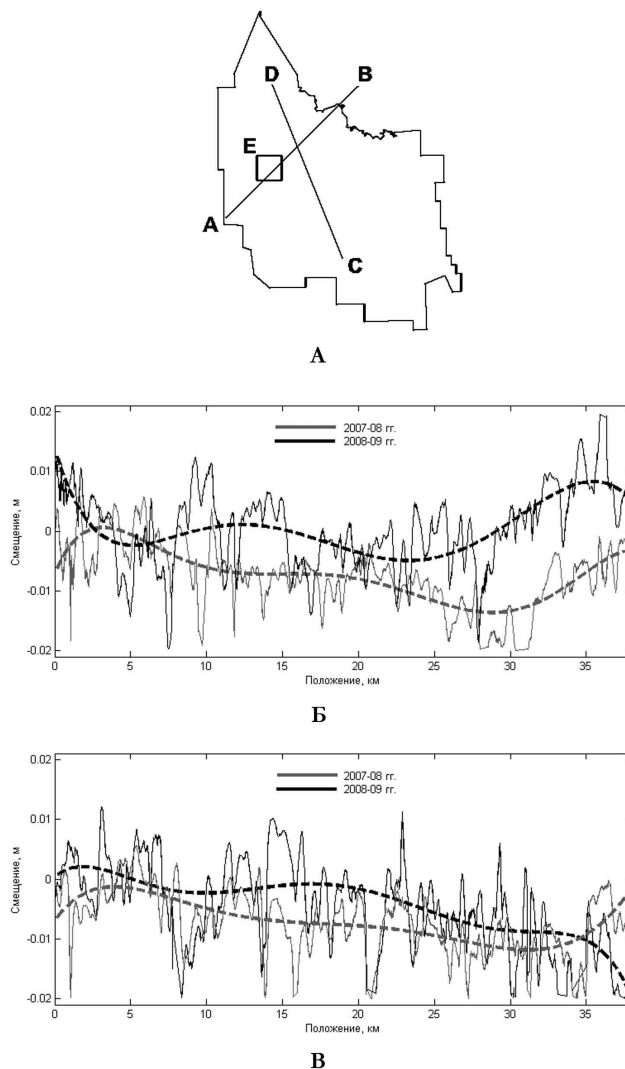


Рис. 1. Пространственные профили через мульду оседания: а – расположение профилей в границах геодинамического полигона, б – вертикальные смещения вдоль профиля АВ, в – вертикальные смещения вдоль профиля CD

Метод радарной интерферометрии основан на обработке когерентных сигналов, отраженных от земной поверхности в разное время. Вследствие этого участки интерферо-

граммы, обладающие низкой когерентностью, содержат значительный уровень шума. Кроме того, в виду специфичности природных ландшафтов севера Западной Сибири, радиолокационный сигнал отражается не от минерального грунта, а от поверхности торфяных болот. При этом изменение растительного покрова снижает когерентность разновременных радиолокационных сигналов [5]. Вследствие возникающего шума расчетные вертикальные смещения вдоль профилей, представленные тонкими линиями, (рис. 1 б, в) содержат случайную составляющую. Интерполирование величин смещений полиномом шестой степени позволяет построить сглаженную кривую профиля, представленную прерывистой линией (рис. 1 б, в).

Вследствие того, что когерентность радиолокационных сигналов зависит от отражающей поверхности, данная величина неравномерно распределена по полю кадра. На карте смещений, полученной в результате интерферометрической обработки значительная площадь, соответствующая лесной территории, содержит неверные значения, зашумленные вследствие высокой временной декорреляции. Такие области отсекаются в процессе обработки на этапе развертки фазы. На рисунке 2 при помощи цветосинтезированного изображения в масштабе 1:50000 показано распределение когерентности для небольшого участка (5 x 5 км) Сомтолорского месторождения, обозначенного буквой Е (рис. 1 а).

RGB цветосинтезированное изображение (рис. 2) составлено следующим образом:

- красный – 3-й канал ALOS\AVNIR-2 (дата съемки 17.07.2007);
- зеленый – 2-й канал ALOS\AVNIR-2 (дата съемки 17.07.2007);
- синий – когерентность интерферометрической пары кадров ALOS\PALSAR (04.07.2007 – 06.07.2008).

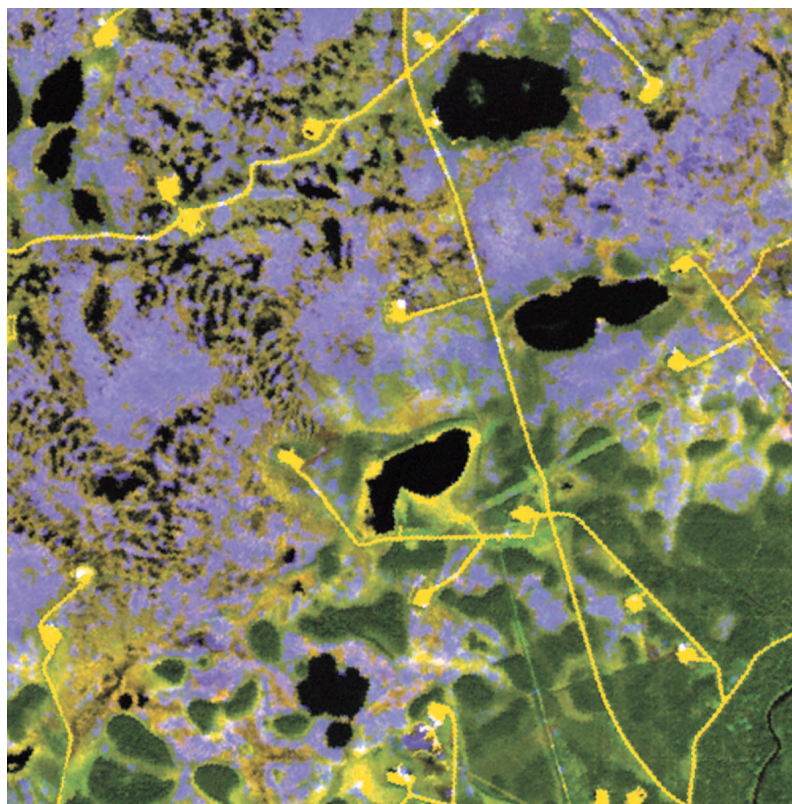


Рис. 2. Зависимость интерферометрической когерентности от природных ландшафтов

В результате цветового синтеза фиолетовым цветом на рисунке 2 выделены области со значением когерентности >0.25 . Вследствие неравномерности распределения когерентности карта смещений для юго-восточной части Самотлорского месторождения состоит из множества мелких фрагментов [4]. Такие фрагменты соответствуют высокому уровню когерентности, но на мелкомасштабных картах идентифицируются как шум и не дают полезной информации при анализе карты смещений.

Для построения сглаженной карты смещений предлагается использовать результаты двумерной интерполяции отдельных значений смещений, соответствующих областям интерферограммы с когерентностью >0.75 . Результаты интерферометрической обработки радарных кадров ALOS/PALSAR за 2007-09 гг., представленные в такой форме, приведены на рисунке 3. Контуром белого цвета выделена нулевая изогипса вертикальных смещений земной поверхности.

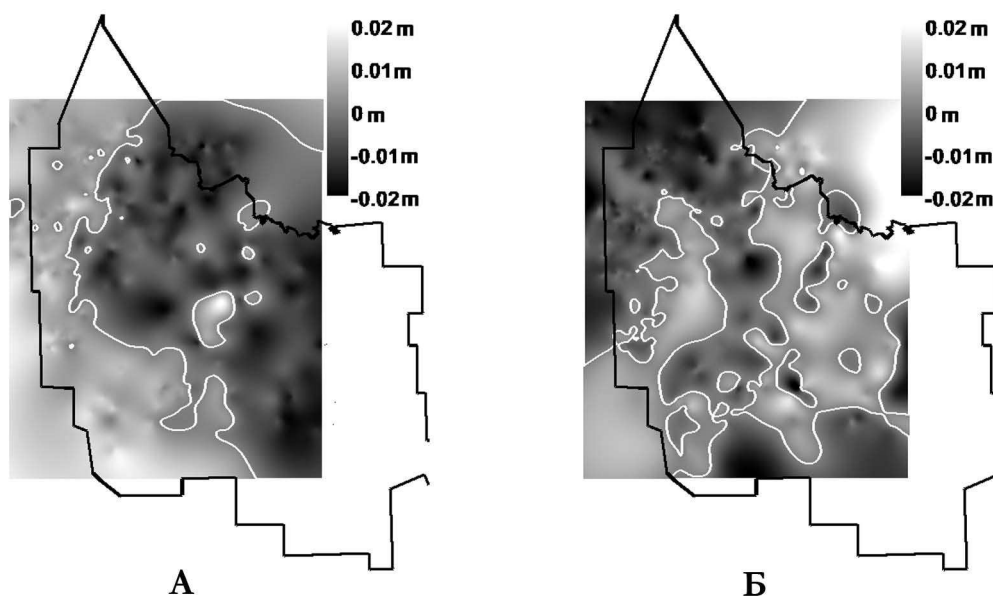


Рис. 3. Вертикальные смещения земной поверхности Самотлорского месторождения по результатам интерферометрической обработки: а – за 2007-08 гг., б – за 2008-09 гг.

Материалы высокоточной геодезической съемки (нивелировка, гравиметрия, GPS-измерения) представлены точечными значениями, поэтому карто-схемы на их основе строятся путем интерполяции. В связи с этим форма представления, приведенная на рисунке 3, наилучшим образом подходит для совместного анализа таких разнородных данных. Совместный анализ профилей (рис. 1) и карт смещений (рис. 3) показывает уменьшение величины вертикальных просадок, образующих мульду оседания. Материалы, полученные на основе радарной космической съемки согласуются с результатами интерпретации высокоточных геодезических измерений на СГДП за 2007-09 гг., проводимой Западно-Сибирским филиалом Института нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН.

Методом радарной интерферометрии проведена работа по оценке смещений на Губкинском газовом месторождении Ямало-Ненецкого автономного округа, на котором также развернут геодинамический полигон. Однако по сравнению с СГДП здесь долгое время не проводилось наземных измерений, поэтому доступно меньше дополнительной информации для интерферометрической обработки. Из всего архива, накопленного с на-

чала эксплуатации спутника ALOS с января 2006 г. до декабря 2009 г. на район Губкинского месторождения, выбраны 8 сцен, снятых в зимние и летние сезоны. Съемка проведена в режиме одной комбинации поляризаций (FBS), при котором за счет увеличенной частоты дискретизации принимаемого отраженного сигнала достигается максимальное для PALSAR пространственное разрешение 5м. По результатам интерферометрии построена опорная цифровая модель местности, отражающая состояние земной поверхности Губкинского месторождения на январь 2008 г. За счет длинной базовой линии (5512.712м) и достаточно высокой средней когерентности (0.31) удалось достичь восстановления рельефа со средней погрешностью ± 5 м. По результатам дифференциальной интерферометрической обработки построены карты смещений за период 2007-09 гг. Расчет смещений проведен без указания наземных опорных точек, поэтому построенные модели отражают относительные сдвигения, произошедшие за время между съемками. Площади отрицательных смещений хорошо коррелируют с местами максимального отбора газа на Губкинском месторождении.

Таким образом, за 2007-09 гг. проведено по два цикла интерферометрической обработки радарных данных на территории Самотлорского и Губкинского месторождений. Сохранение тенденции отрицательных и положительных движений на протяжении двух лет подтверждает достоверность определения вертикальных смещений методом спутниковой радиолокационной интерферометрии.

Литература

1. *Евтюшкин А.В., Филатов А.В., Васильев Ю.В., Мартынов О.С., Радченко А.В.* Геодинамический мониторинг Самотлорского месторождения с использованием метода радарной интерферометрии // Тезисы и аннотации докладов региональной научно-технической конференции «Данные дистанционного зондирования Земли для решения практических задач развития территорий». - Екатеринбург: ФГУП «Уралгеоинформ», 2009. С.52-54.
2. *Евтюшкин А.В., Филатов А.В.* Применение метода радарной интерферометрии для построения цифровых моделей рельефа и оценки смещений земной поверхности // Научно-технические ведомости СПбГПУ, 2008. №6(69). С.28-33.
3. *Брыксин В.М., Евтюшкин А.В., Филатов А.В.* Разработка технологии картирования вертикальных подвижек грунтов в местах промышленного освоения недр и магистральных трубопроводов на основе интерферометрической обработки космических радарных изображений // Югорский научно-исследовательский институт информационных технологий: Отчет за 2008 год / [отв. за вып. А.В. Щербаков]; Югорский НИИ информационных технологий. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2009. С.41-48.
4. *Евтюшкин А.В., Филатов А.В.* Оценка деформаций земной поверхности в районах интенсивной нефтедобычи Западной Сибири методом РСА интерферометрии по данным ENVISAT\ASAR и ALOS\PALSAR // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса: Физические основы, методы и технологии мониторинга окружающей среды, потенциально опасных явлений и объектов. Сборник научных статей. Выпуск 6. Том II. – М.: «Азбука-2000», 2009. С. 46-53.
5. *Евтюшкин А.В., Филатов А.В.* Оценка смещений земной поверхности методом радарной интерферометрии в условиях временной декорреляции // Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы: Материалы XVI Международного симпозиума. Томск: Изд-во ИОА СО РАН, 2009. С.587-589.

Use PALSAR images by geodynamics monitoring gas and oil fields

Yu.V. Vasiliev¹, A.V. Yevtyushkin²,
O.S. Martynov¹, A.V. Radchenko¹, A.V. Filatov²

¹*West Siberian Division
of the Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS,
625670 Tyumen, 56 Volodarskogo str.*

E-mail: radan92@list.ru ;
²*Ugra Research Institute of Information Technologies,
628011 Khanty-Mansiysk, 151 Mira str.
E-mails: avy@uriit.ru, fav@uriit.ru*

Given work describes results of interferometric processing of radar data on the area of ground surface within Samotlor oilfield borders and one radar frame. Radar data of ALOS/PALSAR sensor during the year 2007-09, granted by Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA) are used. Vertical displacements maps reflecting ground surface dynamics of Samotlor and Gubkin oil and gas fields during the year 2007-09 are constructed. Joint analysis of profiles and displacements maps shows decreasing of vertical subsidences forming the trough. Results based on radar sensing submitted with materials of high accuracy geodetic measurements on Samotlor and Gubkin geodynamic polygons during the year 2007-09.

Keywords: InSAR, digital surface model, displacements map, geodynamic polygon, ALOS, PALSAR.