

Ю.Б. Баранов (ООО «Газпром ВНИИГАЗ»)

В 1978 г. окончил Московский геологоразведочный институт (Российский государственный геологоразведочный университет – РГГРУ). В настоящее время – начальник отдела геоинформационных и космических технологий ООО «Газпром ВНИИГАЗ», профессор кафедры геоинформатики РГГРУ. Доктор геолого-минералогических наук.

Ю.И. Кантемиров (Компания «Совзонд»)

В 2004 г. окончил РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина. После окончания университета работал младшим научным сотрудником лаборатории космической информации для целей газовой промышленности в ООО «Газпром ВНИИГАЗ». С 2010 г. работает в компании «Совзонд» ведущим специалистом отдела программного обеспечения.

С.М. Кулапов (ООО «Газпром ВНИИГАЗ»)

В 2004 г. окончил РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина. В настоящее время – научный сотрудник отдела геоинформационных и космических технологий ООО «Газпром ВНИИГАЗ».

М.С. Горяйнов (ООО «Газпром ВНИИГАЗ»)

В 2003 г. окончил Ставропольский государственный университет по специальности «геоинформационные системы». В настоящее время – старший научный сотрудник отдела геоинформационных и космических технологий ООО «Газпром ВНИИГАЗ». Кандидат географических наук.

Е.В. Киселевский (ОАО «Газпром»)

В 1976 г. окончил Московский горный институт. В настоящее время – начальник отдела маркшейдерско-геодезического и информационного обеспечения недропользования ОАО «Газпром». Кандидат технических наук.

В.А. Нохрин (ОАО «Севернефтегазпром»)

В 2006 г. окончил Московский государственный открытый университет по специальности «маркшейдерское дело». В настоящее время – главный маркшейдер ОАО «Севернефтегазпром».

Преимущество космических радарных систем при выполнении маркшейдерских работ на нефтегазовых месторождениях (на примере Южно-Русского месторождения)

Выполнение маркшейдерских работ на нефтегазовых месторождениях требует создания системы наблюдений за смещениями земной поверхности, реализуемой, как правило, в виде геодинимического полигона. Геодинимический полигон представляет собой систему закрепленных реперов в пределах контура всего месторождения и опорных пунктов, вынесенных за область влияния деформационных процессов. Для измерения смещений земной поверхности используется традиционный метод повторных инстру-

ментальных измерений, как правило, нивелирование II класса.

Реализация такого рода подхода на нефтегазовых месторождениях влечет строительство протяженных ходов нивелирования, длиной десятки километров, и больших финансовых затрат уже на стадии закрепления реперов (рис. 1).

Ход нивелирования по инструкции по производству маркшейдерских работ (РД 07-603-03) предусматривает расстояние между реперными точками в 300–500 м,

а в зонах предполагаемых тектонических нарушений – 100 м. В целях сокращения работ по оборудованию реперов возможно использование устьев буровых скважин. Однако, поскольку расстояние между реперными точками жестко задано, заменить их полностью за счет использования скважин невозможно. Крайне дороги и сами высокоточные геодезические измерения, требующие значительных временных затрат – от нескольких месяцев до года и более.

Очевидно, что такой подход не может быть и достаточно точным (реальную информацию о смещениях можно получить только на нивелирном ходе, тогда как на всей территории данные получают путем интерполяции), а также надежным, поскольку за это время могут произойти геодинамические и геомеханические изменения.

В ООО «Газпром ВНИИГАЗ» – головном научном центре ОАО «Газпром» в области геологии, разработки месторождений, добычи, транспортировки, подземного

хранения, переработки газа и промышленной безопасности – с недавнего времени для решения задач контроля деформаций земной поверхности и массива горных пород начали применять метод радиолокационной (радарной) космической съемки. Использование спутниковых радарных систем позволяет практически измерениями получить точную (миллиметровую) картину смещений земной поверхности и, таким образом, подтвердить и существенно уточнить расчетные ожидаемые параметры сдвижения массива пород и земной поверхности, возникающего при разработке месторождения.

В рамках системы маркшейдерско-геодезического мониторинга в 2010 г. ООО «Газпром ВНИИГАЗ» и компанией «Совзонд» совместно были выполнены работы по выявлению и анализу смещений земной поверхности, вызванных разработкой этого месторождения.

Южно-Русское нефтегазовое месторождение расположено в Красноселькупском районе Ямало-Ненецкого автономного округа. Являясь одним из крупнейших нефтегазовых месторождений России, оно должно стать основной ресурсной базой газопровода «Северный поток» (Nord Stream). Лицензия на разработку месторождения принадлежит компании ОАО «Севернефтегазпром». Месторождение введено в эксплуатацию в декабре 2007 г. Исходными спутниковыми данными для космического мониторинга смещений земной поверхности послужили радиолокационные космоснимки со спутника ALOS (Японское аэрокосмическое агентство).

ВЫЯВЛЕНИЕ СМЕЩЕНИЙ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПО КОСМИЧЕСКИМ ДАННЫМ ALOS/PALSAR

Для анализа смещений земной поверхности была выбрана пара снимков ALOS/PALSAR от 30 июля 2007 г. и 19 июня 2009 г. Она характеризуется значительным временным промежутком между съемками – 2 года. Кроме того, разработка Южно-Русского месторождения началась как раз в 2007 г., т. е. данная пара снимков охватывает период в два года от начала добычи газа (рис. 2).

Радиолокационный спутник с помощью радарных сенсоров «освещает» земную поверхность, при этом луч отражается обратно на приемно-передающие антенны. Радарные изображения дают информацию о наклонных дальностях, шероховатости поверхности, ее диэлектрической составляющей и др. Из полученных

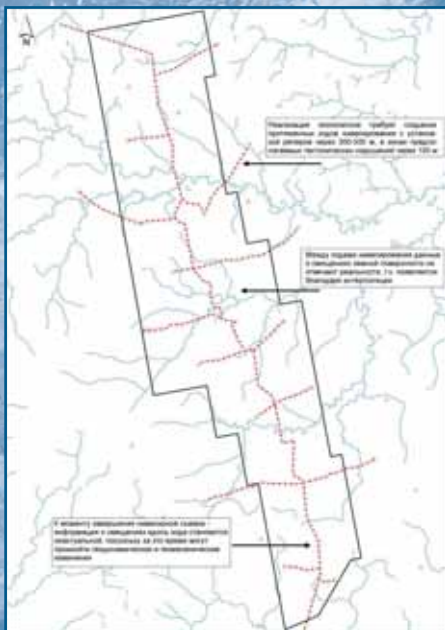


Рис. 1. Система наблюдений Южно-Русского месторождения, реализованная в виде ходов нивелирования II класса (красные линии)

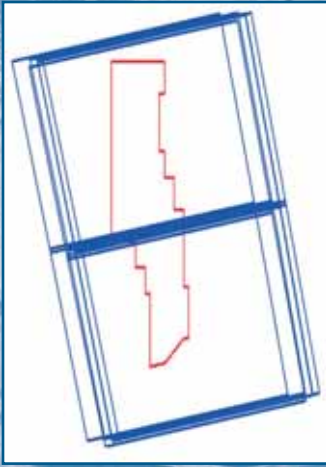


Рис. 2.
Схема покрытия территории Южно-Русского месторождения космическими снимками ALOS/PALSAR

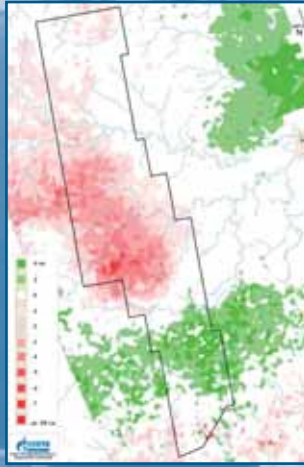


Рис. 3.
Карта вертикальных смещений земной поверхности Южно-Русского месторождения с 2007 по 2009 г.

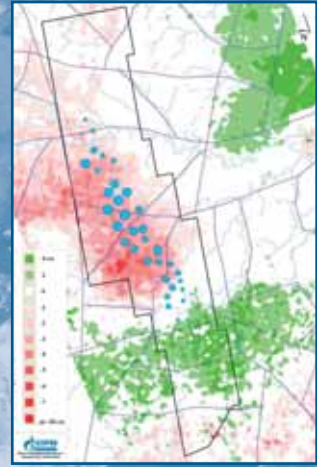


Рис. 4.
Карта смещений земной поверхности за период 2007–2009 гг. Южно-Русского месторождения. Линиями показаны разрывные нарушения, кругами объемы отборов газа.

данных отбираются снимки с интересующим интервалом времени, которые подвергаются многоэтапной обработке, после чего создается карта реальных вертикальных смещений земной поверхности (рис. 3).

Сопоставление и последующий анализ имеющейся геолого-геофизической, промышленно-геологической и маркшейдерско-геодезической информации позволяют судить о причинах выявленных смещений земной поверхности на территории Южно-Русского нефтегазового месторождения. В настоящий момент причины как положительных, так и отрицательных смещений заключаются в комплексном воздействии природных и техногенных процессов.

При анализе оседаний на месторождении и данных об отборах газа за весь период эксплуатации месторождения стновится очевидным что наибольшее опускание поверхности зарегистрировано на участках с максимальными значениями отборов. В то же время незначительные отборы газа в южной части месторождения в настоящее время не компенсируют вертикальное положительное движение неотектонических блоков, которое является причиной поднятия. Увеличение отбора газа в дальнейшем может продолжать изменять

ситуацию, а территория – продолжать испытывать опускание. В центральной части месторождения максимальные отборы газа на опускающихся неотектонических блоках приводят к установленным нами за период 2007–2009 гг. максимальным опусканиям земной поверхности до 8–10 см за два года. (рис. 4).

Использование спутниковой радарной съемки позволяет практически измерениями получить точную картину смещений земной поверхности и таким образом подтвердить и существенно уточнить расчетные ожидаемые параметры сдвига массива пород и земной поверхности, возникающего при разработке месторождения. Использование навигационных спутниковых систем (ГЛОНАСС, GPS) дает возможность верифицировать радарные данные, а совместно с космической радарной съемкой позволяет с точностью до нескольких миллиметров получать все три координаты любой точки земной поверхности на месторождении в реальном времени. Такая технология выполнения наблюдений для решения маркшейдерских задач на нефтегазовых месторождениях имеет преимущество по сравнению с традиционными геодезическими решениями как по скорости получения результата, так и по стоимости.