

# **ОТЗЫВ**

## **официального оппонента**

на диссертационную работу Пономаренко Марии Руслановны на тему:  
«Разработка метода деформационного мониторинга открытых горных работ в  
условиях Крайнего Севера с использованием космического  
радиолокационного зондирования», представленную на соискание ученой  
степени кандидата технических наук по специальности 25.00.16 -  
Горнопромышленная и нефтегазопромысловая геология, геофизика,  
маркшейдерское дело и геометрия недр

### **Актуальность темы диссертации**

Использование при мониторинге деформаций дистанционных маркшейдерско-геодезических наблюдений, к числу которых относится космическое радиолокационное зондирование, представляется весьма перспективным, поэтому в рамках ведения научной деятельности целесообразно уделять данным методам особое внимание.

Однако существующие в настоящее время методики выполнения деформационного мониторинга сложно назвать достаточно проработанными и соответствующими современному уровню развития технологий съёмки. В частности, в них практически не учитываются возможности дистанционного зондирования Земли, радарной съёмки из космоса, которая обладает значительными преимуществами в сравнении с наземными инструментальными наблюдениями.

В существующих нормативных документах отсутствует методика применения и обработки результатов космического радиолокационного зондирования, не рассматриваются принципы сопоставления данных, полученных при разных параметрах съёмки.

*№ 479-10  
от 04.12.2018*

Перечисленные факторы ведут к ограниченному использованию потенциала космического радиолокационного зондирования, что не способствует повышению эффективности комплексного деформационного мониторинга на месторождениях.

Несмотря на проводимые российскими специалистами исследования, посвященные изучению радарной съемки и её применению в маркшейдерских наблюдениях, задача обоснования и разработки практических подходов к использованию данного метода для наблюдения за деформациями поверхности на горных предприятиях (в частности - в условиях Крайнего Севера) на сегодняшний день не решена и поэтому является актуальной.

Также необходимо отметить, что при планировании и организации комплексного деформационного мониторинга, включающего различные методы наблюдений, в том числе космическую радарную съёмку, необходимо, чтобы программа мониторинговых наблюдений разрабатывалась с учетом особенностей исследуемой территории и наблюдаемых объектов. Это позволяет подобрать наиболее рациональный вариант мониторинга и повысить его информативность и достоверность, обеспечить наиболее полное покрытие съемки и в то же время избежать избыточных наблюдений.

На основании вышеизложенного можно заключить, что диссертационная работа Пономаренко Марии Руслановны, посвященная повышению точности и информативности маркшейдерского контроля деформаций за счёт разработки метода деформационного мониторинга открытых горных работ в условиях Крайнего Севера с применением космического радиолокационного зондирования, является актуальной.

## **Результаты исследований и их научная новизна**

Научная новизна работы состоит в следующем:

1. В рамках диссертационного исследования были разработаны критерии и предложена типизация горнотехнических объектов по степени их сложности с учётом их размеров, инженерно-геологических, гидрогеологических и орографических условий, развивающихся геодинамических процессов.

2. По результатам диссертационного исследования было установлено, что данные космического радиолокационного зондирования, полученные в L-диапазоне, даже при условии длительного временного интервала между циклами съёмки, позволяют определить деформации земной поверхности при интерферометрической обработке по методу малых базисных расстояний.

Отдельного внимания также заслуживает оригинальный метод анализа деформаций, основанный на совместном применении космических данных, полученных при радиолокационном зондировании земной поверхности в нескольких частотных диапазонах.

Основные результаты работы:

1. Разработана типизация объектов открытой горной разработки по степени сложности, учитывающая конструктивные особенности горнотехнических объектов, тип горных пород, гидрогеологические условия, деформационные процессы, особенности климата и рельефа территории горного предприятия.

*Личный вклад автора* состоит в: анализе инженерно-геологических, гидрогеологических, физико-географических и горнотехнических условий открытой разработки месторождений; разработке типизации горнотехнических объектов и многокритериальном анализе их сложности; апробации разработанных принципов типизации при оценке условий объектов открытой разработки месторождения Плато Расвумчорр.

2. Обоснован выбор комплекса методов деформационного мониторинга для каждой категории сложности горнотехнических объектов: по мере возрастания сложности объектов осуществляется постепенный переход от контактных методов наблюдений к дистанционным, от точечных к площадным, от инструментальных к автоматическим.

*Личный вклад автора:* сформулированы принципы организации деформационного мониторинга открытых горных работ с применением космического радиолокационного зондирования по результатам предварительной оценки сложности наблюдаемых объектов; составлены рекомендации по осуществлению деформационного мониторинга на территории карьера «Центральный» АО «Апатит».

3. Разработан метод деформационного мониторинга земной поверхности на территориях горных предприятий, расположенных в районах Крайнего Севера, по данным космического радиолокационного зондирования в нескольких частотных диапазонах.

*Личный вклад автора:* анализ радиолокационных данных с различных космических аппаратов; анализ современных методов интерферометрической обработки; обработка данных со спутников ALOS PALSAR, Sentinel-1, TerraSAR-X; составление рекомендаций по подбору радарных снимков и выполнению основных этапов их обработки; разработка практического подхода к использованию данных космического радиолокационного зондирования в L, C и X-диапазонах для наблюдения деформаций; определение деформаций на карьере «Центральный» с использованием предложенного метода.

**Степень обоснованности и достоверности каждого научного положения,  
выносимого на защиту**

1. Обоснование деформационного мониторинга территорий горных предприятий открытой разработки МПИ следует осуществлять на основе предложенной типизации горнотехнических объектов, учитывающей их

размеры, инженерно-геологические, гидрогеологические и орографические условия, развивающиеся геодинамические процессы.

Для обоснования данного научного положения автором проведен детальный анализ инженерно-геологических, гидрогеологических, физико-географических и горнотехнических условий открытой разработки месторождений. По результатам анализа определены критерии типизации горнотехнических объектов, оценивание которых выполнено с применением балльного метода экспертных оценок. Для определения сложности объектов автором предложено использовать многокритериальный анализ, чтобы учесть комплексное влияние показателей типизации. Достоверность также подтверждается результатами анализа и оценки условий карьера «Центральный» в соответствии с предложенным подходом.

2. Деформационный мониторинг открытых горных работ должен выполняться комплексом маркшейдерско-геодезических методов, состав которых определяется в зависимости от степени сложности наблюдаемых горнотехнических объектов, и применением космической радарной интерферометрии для выявления потенциально опасных участков деформаций для сложных и особо сложных условий.

Для обоснования данного научного положения автором выполнен анализ современных методов маркшейдерско-геодезического мониторинга и существующей документации по наблюдению деформаций земной поверхности; анализ опыта применения космического радиолокационного зондирования на открытых горных разработках; анализ текущего состояния и опыта проведения деформационного мониторинга на объекте исследования.

3. Площадные измерения деформаций земной поверхности на горных предприятиях в условиях Крайнего Севера наиболее информативно проводить с использованием космической радарной интерферометрии на основе совместного анализа радарных данных, полученных в нескольких частотных диапазонах.

Обоснованность и достоверность данного научного положения подтверждается результатами определения деформаций земной поверхности на территории объекта исследования на основе проведенной автором обработки радиолокационных данных с нескольких космических аппаратов (ALOS PALSAR, TerraSAR-X, Sentinel-1).

### **Практическая ценность результатов работы и их внедрение**

Ключевую практическую ценность имеет предложенный автором метод деформационного мониторинга открытых горных работ на заполярных месторождениях с использованием космического радиолокационного зондирования в нескольких частотных диапазонах. Кроме того, практическая значимость результатов диссертационного исследования заключается в обосновании состава и программы проведения деформационного мониторинга территорий крупных горных предприятий, осуществляющих открытую добычу полезных ископаемых, на основе предложенной автором типизации горнотехнических объектов.

Полученные результаты исследований использовались при определении деформаций на объектах открытой разработки Хибинских апатит-нефелиновых месторождений, а также при разработке рекомендаций по ведению деформационного мониторинга на карьере «Центральный» АО «Апатит» с применением радарной съёмки из космоса.

### **Замечания и вопросы**

1. Для более полной оценки физико-географических факторов (в частности – рельефа исследуемой территории) следовало бы также добавить пункт «Степень расчлененности рельефа».

2. В работе использованы архивные данные (2007-2011) с космического аппарата ALOS PALSAR (L-диапазон). С чем связан тот факт, что в исследовании не использовались данные L-диапазона на 2015-2016 годы?

3. В четвертой главе на рисунках 16-21 было бы не лишним обозначить границы ведения горных работ.

### **Заключение**

Диссертация представлена в следующем объеме: содержание изложено на 155 страницах машинописного текста (состоит из введения, 4 глав и заключения), содержит 23 рисунка, 29 таблиц и 3 приложения, список использованных литературных источников включает 108 наименований.

Работа выполнена на хорошем научном уровне, написана технически грамотным языком, хорошо оформлена, содержит качественный графический материал.

Представленные в диссертации научные положения, выводы и рекомендации теоретически и экспериментально обоснованы. Результаты выполненных исследований отличаются научной новизной и имеют практическое значение в области обеспечения безопасности на горных предприятиях. Результаты исследований автора могут быть использованы для разработки проектов мониторинга объектов открытых разработок месторождений полезных ископаемых.

Диссертационная работа соответствует требованиям ВАК Минобрнауки России, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.16 – Горнопромышленная и нефтегазопромысловая геология, геофизика, маркшейдерское дело и геометрия недр.

Автореферат диссертации отвечает содержанию работы и полностью раскрывает научные положения, выносимые на защиту. Печатные публикации достаточно полно отражают основное содержание диссертационной работы и соответствуют паспорту специальности 25.00.16 – Горнопромышленная и нефтегазопромысловая геология, геофизика, маркшейдерское дело и геометрия недр.

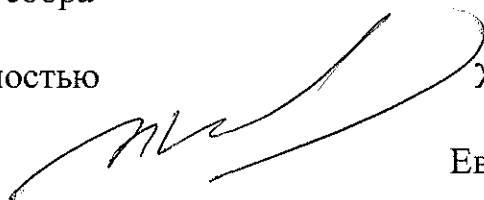
Диссертация Пономаренко М.Р. является законченной научно-квалификационной работой, полностью соответствует п.9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук. Автор заслуживает присуждения степени кандидата технических наук за решение актуальной научной задачи - повышение качества и точности деформационного мониторинга территорий горных предприятий с использованием данных космического радиолокационного зондирования в климатических условиях Крайнего Севера для обеспечения безопасности горных работ.

**Официальный оппонент**

ведущий инженер

Управления инженерных изысканий и сбора  
исходных данных,

Общество с ограниченной ответственностью  
«Газпром проектирование»,  
кандидат технических наук



Журавлев  
Алексей  
Евгеньевич

Адрес: 191036, г. Санкт-Петербург,

Суворовский пр., 16/13

Тел.: +7 (911) 420-03-60

E-mail: aezhuravlev@gazpromproject.ru

03.12.2018г.

Главный инженер –  
первый заместитель  
генерального директора

