

## АННОТАЦИЯ ПО ПРОЕКТУ

**Государственный контракт № 02.740.11.0722 от «05» апреля 2012 г.**

**Тема:** «Исследование и разработка инновационных технологий спутниковой геодезии и объемного лазерного сканирования для мониторинга деформационных процессов территорий и объектов в районах добычи полезных ископаемых»

**Исполнитель:** Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт горного дела Уральского отделения РАН (ИГД УрО РАН), г. Екатеринбург

**Ключевые слова:** геомеханика, сдвигение, деформационные процессы, мониторинг, спутниковая геодезия, лазерное сканирование, недропользование

### 1. Цель проекта

1. Проект направлен на исследование закономерностей деформирования массива горных пород и земной поверхности в области влияния горных разработок в условиях анизотропного начального поля напряжений и иерархически-блочной структуры массива горных пород для разработки инновационных технологий спутниковой геодезии и объемного лазерного сканирования для мониторинга деформационных процессов территорий и объектов в районах добычи полезных ископаемых, обеспечивающего повышение надежности прогнозных оценок состояния охраняемых объектов.

2. Целью выполнения проекта является разработка комплексной методики мониторинга деформационных процессов территорий и объектов в районах добычи полезных ископаемых. Разработанная методика контроля деформационного состояния земной поверхности и расположенных на ней объектов позволяет, используя технологии спутниковой геодезии и объемного лазерного сканирования, проводить измерения в мониторинговом режиме с получением объемного поля деформаций. Это обеспечивает, с одной стороны, безопасную эксплуатацию объектов, находящихся в области негативного влияния горных работ, а с другой – полноту выемки полезных ископаемых из недр.

### 2. Основные результаты проекта

1) Установлено, что геомеханическая модель разрабатываемого месторождения состоит из двух специфичных областей деформирования – внутренней, образованной воздействием уравновешенной системы сил, возникающей по контурам выработанных пространств и зон обрушений, и внешней, образованной за счет перемещения масс добываемого полезного ископаемого, добычи и складирования в отвалы вскрышных пород, а также откачки подземных вод. Основные параметры геомеханической модели определяются деформационными свойствами и структурой массива горных пород, первоначальным и техногенным напряженным состоянием массива горных пород, геометрическими параметрами разрабатываемых рудных тел.

Выявлены основные факторы, определяющие развитие деформационных процессов массива горных пород земной поверхности. Установлены общность и специфика деформационных процессов в зависимости от вида полезного ископаемого, параметров залегания рудных тел, систем разработки и других факторов. В области влияния подземной разработки месторождений полезных ископаемых выделены характерные области и зоны на земной поверхности с их спецификой проявления деформационных процессов и воздействием на подрабатываемые объекты. Обосновано применение тензорного математического описания деформационных процессов к процессам деформирования массива горных пород и земной поверхности на подработанных территориях.

Обосновано, что изучение современных движений и деформаций, происходящих в массиве, требует проведения в мониторинговом режиме высокоточных геодезических измерений смещений реперов специально оборудованных наблюдательных станций –

геодинамических полигонов и использования при проведении исследований современного высокоточного и производительного геодезического оборудования.

Разработана новая, инновационная конструкция наблюдательной станции, для мониторинга деформационных процессов с использованием комплексов спутниковой геодезии, основанная на площадном принципе построения, которая в отличие от традиционного, линейного, позволяет получить пространственный тензор деформаций: по двум осям деформируемой площади и в вертикальном направлении.

Показано, что гибкость метода объемного лазерного сканирования позволяет получать универсальные трехмерные модели деформируемых объектов любой заданной конфигурации и разрешения, с которыми можно производить математические операции объединения, вычитания друг из друга поверхностей, полученных в различные серии мониторинга, отклонение фактической модели от эталонной вертикальной и горизонтальной плоскостей.

Обосновано, что использование комплексов трехмерного лазерного сканирования для исследования процесса сдвижения на горных предприятиях является оправданным, поскольку по критерию допустимых погрешностей результатов измерений они удовлетворяют требованиям действующей нормативной документации.

2) Разработанные технологии спутниковой геодезии и объемного лазерного сканирования для мониторинга деформационных процессов территорий и объектов в районах добычи полезных ископаемых позволяют определять сдвигения и деформации с точностью, регламентированной существующими нормативными документами, при этом, в результате измерений определяется полный тензор деформаций и контролируются параметры объектов в трехмерном пространстве.

3) Существующие методики по наблюдениям за сдвижением горных пород и земной поверхности при разработке месторождений полезных ископаемых не полно отражают реальные геомеханические процессы, происходящие при формировании вторичного напряженно-деформированного состояния массива горных пород, поскольку измерения смещений реперов производятся по неравномерной измерительной сетке только в двух плоскостях – в вертикальной и в направлении профильной линии. При этом определяются только угловые параметры процесса сдвижения – углы обрушения, углы сдвижения и граничные углы.

Для решения современных задач геомеханики и принятия решений по охране объектов от влияния горных разработок необходима достоверная информация о распределении поля деформаций в трехмерном пространстве, которую можно получить только с применением разработанных в данном проекте методов спутниковой геодезии и объемного лазерного сканирования.

4) Специфика горной промышленности России – разработка и доработка месторождений полезных ископаемых, расположенных в основном в освоенных районах, накладывает особые требования к мониторингу деформационных процессов, сопровождающих открытые и подземные горные работы. В мировой практике прослеживается тенденция консервация месторождений полезных ископаемых в обжитых густонаселенных районах и активное развитие горных работ в малонаселенных районах, где деформационные процессы не угрожают существующей инфраструктуре. Развитие и поддержание минерально-сырьевой базы России приводит к необходимости разработки новых методик контроля состояния объектов, опережающих мировой уровень.

### **3. Назначение и область применения результатов проекта (этапа проекта)**

1) Результаты НИР могут быть востребованы в следующих областях:

- в фундаментальной сфере наук о Земле для углубления познаний геомеханических процессов и явлений, играющих первостепенную роль в обеспечении эффективности и безопасности природопользования;

- разработанные технологии мониторинга деформационных процессов необходимы для объектов недропользования, оказавшихся в области влияния горных пород, таких как объекты минерально-сырьевого комплекса, объекты градопромышленных агломераций, инженерные и транспортные коммуникации, высотные сооружения и водные объекты;

- в образовательном процессе полученные результаты востребованы в подготовке специалистов горно-геологического профиля, строительного комплекса для проведения всех видов изысканий и проектирования.

2) Практическое внедрение разработанных инновационных технологий предусматривается на горнодобывающих предприятиях для исследования процесса сдвижения, охраны земной поверхности, зданий, сооружений и природных объектов от негативного влияния горных разработок.

3) Внедрение результатов НИР в практику вызовет разработку новых технических и проектных решений при поддержании минерально-сырьевой базы России, в частности, при доработке существующих месторождений полезных ископаемых, поскольку внедрение новых точных и полных методов контроля развития деформационных процессов позволит доработать запасы полезных ископаемых, законсервированных в предохранительных целиках.

4) Сохранение рабочих мест в моногородах на период доработки месторождений полезных ископаемых, уменьшение негативного воздействия горных работ на окружающую среду и объекты инфраструктуры.

5) Коммерциализация проектом не предусмотрена.

6) Возможна адаптация полученных результатов НИР для мониторинга и контроля деформационных процессов в сейсмически опасных районах, зданий, сооружений и объектов инфраструктуры, находящихся в областях влияния тектонических нарушений.

#### **4. Достижения молодых исследователей – участников Проекта (этапа проекта)**

В проекте принимала участие молодой исследователь аспирант, м.н.с. Желтышева Ольга Дмитриевна. При ее непосредственном участии разработана методика определения сдвижений по сопоставлению объемных моделей деформируемых объектов, полученных на различные этапы мониторинговых измерений с использованием комплексов трехмерного лазерного сканирования. Это открывает уникальные возможности контроля и мониторинга состояния зданий и сооружений, расположенных на подработанных территориях.

В проекте принимал участие молодой исследователь аспирант, м.н.с. Ефремов Евгений Юрьевич. При его непосредственном участии была адаптирована и прошла промышленную проверку методика определения полных трехмерных параметров напряженно-деформированного состояния массива и деформаций земной поверхности по площадной наблюдательной станции с применением GPS-технологий и методика камеральной обработки результатов измерений.

#### **5. Опыт закрепления молодых исследователей – участников Проекта (этапа проекта) в области науки, образования и высоких технологий**

В ИГД УрО РАН действует поддерживаемая дирекцией система закрепления молодых перспективных исследователей – участников Проекта в науке. Наиболее часто используется зачисление в очную аспирантуру и принятие на работу в ИГД УрО РАН. Поскольку количество бюджетных ставок жестко лимитировано, создание рабочих мест для молодых исследователей производится либо путем дробления имеющихся ставок, либо приемом в комплексную научно-производственную лабораторию, финансируемую из внебюджетных источников.

Поддерживаются научные и научно-производственные связи с молодежью, зачисленных в заочную аспирантуру, и работающих на предприятиях горнодобывающего

и машиностроительного комплексов путем выполнения совместных проектов, в том числе по целевым программам Президиумов РАН, УрО РАН, НАН Беларуси.

Объединяющей молодых ученых площадкой является проводимая ежегодно в ИГД УрО РАН Всероссийская молодежная научно-практическая конференция по проблемам недропользования, в работе которой ежегодно очное и заочное участие принимают более 100 человек, представляющих 25-30 ведущих академических, отраслевых и учебных институтов, производственных предприятий.

Основные трудности, с которыми приходится сталкиваться при закреплении молодых перспективных исследователей в науке – острая нехватка бюджетных ставок, привлечение молодых исследователей на контрактной основе к выполнению отдельных проектов, зачастую носит разовый кратковременный характер. В этом случае возможность долгосрочного сотрудничества с молодым перспективным исследователем не всегда реализуется.

#### **6. Перспективы развития исследований (не более 1 стр.)**

1) В результате участия ИГД УрО РАН в ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» было сформировано новое исследовательское партнерство, объединяющее молодых и зрелых ученых в областях геоинформатики, геомеханики и геотехнологии для решения сложной комплексной задачи.

НОЦ «Геотехнология» в проектах по 7-й рамочной Программы Евросоюза еще не участвует, хотя такая возможность прорабатывается, изучаются нормативные материалы.

2) В рамках НОЦ «Геотехнология» также выполнялся контракт № 02.740.11.0317 «Геоинформационное, геомеханическое и геотехнологическое обеспечение освоения стратегически важных объектов минерально-сырьевого комплекса Сибири и Дальнего Востока», целью которого является проведение фундаментальных поисковых исследований и создание научно-технического задела мирового уровня по приоритетному направлению «Рациональное природопользование» по критической технологии «Технологии оценки ресурсов и прогнозирования состояния литосферы и биосферы». Целью проекта явилась разработка геоинформационных, геомеханических и геотехнологических моделей и методов экологически безопасной разработки месторождений и добычи полезных ископаемых, превосходящих мировой уровень, подготовка и закрепление в сфере науки и образования научных и научно-педагогических кадров, формирование и развитие эффективного и жизнеспособного научного коллектива, специализирующегося на исследованиях проблем горной промышленности.

3) Наиболее перспективно взаимовыгодное научно-техническое сотрудничество с области горного дела и геомеханики со странами СНГ – Беларусью и Казахстаном, имеющими развитый машиностроительный комплекс и горнодобывающую промышленность. ИГД УрО РАН имеет богатый опыт взаимодействия с НАН Беларуси, ПО «БелАЗ», ТНК «КазХром», ССГПО, ИГД им. Д.А.Кунаева и другими научными, научно-производственными, промышленными организациями и предприятиями, являющимися потребителями научно-технической продукции, разрабатываемой в Институте.

**7. Сведения в табличном формате:**

<i>Сведения о результатах интеллектуальной деятельности, полученных в ходе исполнения Государственного контракта (этапа проекта)</i>	<i>Регистрация (защита) результатов интеллектуальной деятельности не планировалась и не осуществлялась</i>
<i>Сведения о публикациях, выпущенных в ходе исполнения Государственного контракта (этапа проекта)</i>	<i>Приложение 2 к аннотации</i>
<i>Сведения о диссертациях, подготовленных в ходе исполнения Государственного контракта (этапа проекта)</i>	<i>Приложение 3 к аннотации</i>
<i>Сведения о выступлениях на конференциях, проведенных в ходе исполнения Государственного контракта (этапа проекта)</i>	<i>В период выполнения 6 этапа работы (01 июля 2012 г. – 01 октября 2012 г.) конференций по тематике НИР не проводилось</i>
<i>Сведения о внедрении результатов проекта в образовательный процесс, полученных в ходе исполнения Государственного контракта (этапа проекта)</i>	<i>Приложение 5 к аннотации</i>
<i>Сведения об исполнителях Государственного контракта (этапа проекта)</i>	<i>Приложение 6 к аннотации</i>

Руководитель работ по проекту  
Зав.отделом геомеханики, д.т.н.

\_\_\_\_\_ А.Д.Сашиурин

Руководитель организации-исполнителя:  
Директор

\_\_\_\_\_ С.В.Корнилков

«29» сентября 2012 г.  
М.П.