

# Аннотация проекта, выполненного в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 гг.

**Государственный контракт № 02.740.11.0317 от 07 июля 2009 г.**

**Тема:** «Геоинформационное, геомеханическое и геотехнологическое обеспечение освоения стратегически важных объектов минерально-сырьевого комплекса Сибири и Дальнего Востока»

**Исполнитель:** Учреждение Российской академии наук Институт горного дела Уральского отделения РАН (ИГД УрО РАН)

**Ключевые слова:** геоинформационное обеспечение, геомеханика, геодинамика, техногенные катастрофы, геотехнология, минерально-сырьевой комплекс, система разработки.

## 1. Цель проекта

Проект направлен на исследование алгоритмов создания горно-геологической модели месторождения и карьера и решения на ее основе горно-технологических задач геомеханики, геотехнологии, выбора направления развития горных работ, ведения буровзрывных работ и планирования выемки горной массы по периодам для освоения стратегически важных объектов минерально-сырьевого комплекса Сибири и Дальнего востока России.

Целью проекта является 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.

Объектом исследований являются минерально-сырьевая база, включающая совокупность минеральных ресурсов, средств их добычи и переработки, и требующая разработки методов целенаправленного поиска и генерирования вариантов последовательности отработки, освоения и разведки месторождений, а также общего порядка принятия решений.

## 2. Основные результаты проекта

### *По направлению геоинформационное обеспечение.*

Проанализированы отечественные и зарубежные источники информации по компьютерным технологиям для моделирования месторождений и техногенных образований и проведен выбор направления дальнейших исследований для разработки методов и алгоритмов представления и манипулирования горно-геологической информацией. Обоснован подход к выбору основных объектов компьютерного моделирования, методам представления и преобразования геоданных. Сформированы критерии выбора программного обеспечения с открытым кодом для интеграции различных подсистем в единое функционально пригодное приложение для решения горно-геологических задач разработки месторождений открытым способом.

Новые методические подходы к оценке перспектив освоения месторождений Северных и Полярных районов с использованием ГИС-технологий не имеют аналогов в мировой практике.

### *По направлению геомеханическое обеспечение.*

Геомеханическое обеспечение сферы недропользования играет первостепенную роль в обеспечении безопасности и эффективности добычи полезных ископаемых, создания уникальных объектов энергетического и строительного комплексов. Разработка нефтяных и газовых месторождений Сибири нарушает естественное равновесие массива горных пород на огромных территориях, исчисляемых десятками и сотнями тысяч квадратных километров, на которых размещаются современные города с высотной застройкой, уникальные промышленные объекты, требующие особого внимания к обеспечению безопасности как работающего на них персонала, так и окружающего населения.

Проведенный в работе комплекс исследований раскрывает механизм воздействия геодинамических движений на объекты недропользования. Основу его составляют процессы деструкции и самоорганизации, протекающие в иерархически блочной среде, находящейся в постоянном движении под воздействием современных геодинамических движений. Эти два про-

твояположные по своей направленности явления обуславливают вторичное структурирование массива горных пород и неоднородное распределение смещений и деформаций, реализуемых за счет межблочных подвижек. В результате концентрация смещений и деформаций на границах самоорганизовавшихся блоков достигает 2 – 3 по отношению к их среднеинтегральным значениям, против 0,5 внутри блоков. Объекты, оказавшиеся на границах блоков, испытывают высокий уровень нештатных деформаций, способных нарушить их устойчивость.

В соответствии с установленным механизмом воздействия современных геодинамических движений на объекты недропользования, в работе предложены пути и мероприятия по снижению риска природно-техногенных катастроф, включающие:

- выбор благоприятного места размещения ответственных объектов недропользования на основе проведения диагностики геодинамической активности территории;
- применение конструктивных решений, нейтрализующих негативное воздействие современных геодинамических движений, основанных на уровне смещений и деформаций, выявленных в процессе диагностики территории и прогнозных значений на период эксплуатации объекта;
- управление уровнем техногенных смещений и деформаций, вызванных недропользованием.

#### ***По направлению геоэкологическое обеспечение.***

Выполнен анализ состояния горных работ и технологии добычи рудных полезных ископаемых, выделены основные проблемы открытой, подземной и комбинированной геотехнологии и общие направления их решения, который показал, что применяемые в настоящее время методы оптимизации технологии горных работ часто не состоятельны при решении комплексных проблем из-за необходимости упрощения и схематизации реальных задач.

Разработана методология обоснования способа разработки месторождений, основанная на всестороннем анализе и учете горно-геологических, горнотехнических, геомеханических, экологических и экономических факторов. Приведены методики геолого-технологико-экологической оценки экономического потенциала и способа освоения месторождений (открытый, подземный, комбинированный) с учетом комплексности использования добываемого полезного ископаемого, позволяющие определить области их применения.

### **3. Назначение и область применения результатов проекта**

Результаты фундаментальных и прикладных исследований данной работы направлены на установление направлений развития схем вскрытия и геотехнологии при освоении стратегически важных объектов минерально-сырьевого комплекса Сибири и Дальнего Востока.

Полученные результаты могут быть использованы в проектировании – при разработке технических проектов строительства новых предприятий горнодобывающего комплекса и проектов капитальной реконструкции действующих рудников.

Разработанные геоинформационные модели взаимодействия объектов недропользования с природной средой могут быть использованы для геомеханических расчетов по оценке риска возникновения техногенных катастроф при масштабной добыче полезных ископаемых.

Результаты выполнения проекта актуальны для инновационного развития российских технологий в области добычи полезных ископаемых и могут быть использованы разработчиками программного обеспечения при создании горно-геологических информационных систем предприятий с открытой разработкой месторождений для решения разнообразных проектных, технологических и мониторинговых задач, связанных с планированием, добычей, транспортировкой и переработкой горной массы.

Направления практического внедрения состоят в использовании методов представления и преобразования данных горно-геологических моделей месторождения и техногенных образований с использованием открытого программного обеспечения для решения технологических задач добычи полезных ископаемых на карьерах, решения на горно-технологических задач выбора направления развития горных работ, ведения буровзрывных работ и планирования выемки горной массы по этапам и периодам.

Разработанные технологии снижения риска природно-техногенных катастроф и тяжести их последствий применимы для следующих объектов недропользования:

- объекты минерально-сырьевого комплекса (наземные и подземные сооружения горных предприятий, нефтегазовые скважины и магистральные нефтегазопроводы и др.);
- объекты градопромышленных агломераций (наземные здания и подземные сооружения, АЭС и промышленные объекты с опасными технологическими процессами);
- инженерные и транспортные коммуникации (теплотрассы, водоводы, канализационные коллекторы, железные дороги, мосты, развязки, туннели, метрополитены);
- высотные сооружения и водные объекты (башни, мачты, трубы, дамбы, плотины).

Полученные результаты способны оказать влияние на развитие таких научно-технических и технологических направлений как инструментальные методы определения деформаций земной поверхности и объектов недропользования, создание специализированных геоинформационных систем горных предприятий, разработка способов открытой и комбинированной разработки месторождений полезных ископаемых в сложных горно-геологических условиях.

Коммерциализация полученных результатов возможна в виде оказания услуг горнодобывающим предприятиям в части решения технологических, горно-технологических и мониторинговых задач.

Основные потребители РИД – горнодобывающие предприятия железорудной, алмазодобывающей отрасли, добычи углеводородного сырья. У ИГД УрО РАН имеется опыт разработки технологических регламентов на разработку месторождений полезных ископаемых, организации мониторинговых геодинамических наблюдений, суммарный потенциальный эффект может составить более 800 млн. руб.

#### **4. Достижения молодых исследователей – участников Проекта**

В проекте принимал участие молодой исследователь Жариков С.Н., м.н.с., защитивший в 2010 году кандидатскую диссертацию. При его непосредственном участии решена актуальная задача использования данных о параметрах процесса шарошечного бурения для уточнения в технологических скважинах по глубине удельного расхода ВВ. Это позволило разработать методику исследования физико-механических свойств пород по данным бурения взрывных скважин, позволяющую строить цифровые модели распределения крепости горных пород по высоте уступа. Полученные результаты соответствуют мировому уровню в области разрушения горных пород взрывом, это позволит использовать полученные результаты при разработке рудных месторождений Урала, Сибири и Дальнего Востока, залегающих в сложных горно-геологических условиях.

В проекте принимала участие молодой исследователь Каюмова А.Н., м.н.с., защитившая в 2010 году кандидатскую диссертацию. При ее непосредственном участии решена задача геомеханического обоснования параметров камнепада к построению безопасных уступов и берм бортов карьеров. Разработанная ею методика расчета параметров камнепада и выявленные компьютерным моделированием их взаимосвязи с параметрами бортов, учитывающие многообразие форм породных отдельностей, свойств и геометрии поверхностей перемещения, позволяют оценивать размеры опасной зоны около нижней бровки уступа и определять размеры берм со степенью вероятности, достаточной для решения горнотехнических задач, с целью повышения эффективности и безопасности разработки месторождений полезных ископаемых открытым способом. Результаты выполненных Каюмовой А.Н. исследований соответствуют мировому уровню и предназначены для организаций и предприятий, ведущих проектирование, строительство и эксплуатацию карьеров при разработке рудных месторождений Урала, Сибири и Дальнего Востока, залегающих в сложных горно-геологических условиях.

В проекте принимал участие молодой исследователь Мельник В.В., зав.лабораторией, защитивший в 2009 году кандидатскую диссертацию. При его непосредственном участии решена задача оценки опасности карстопроявлений с учетом важнейших геомеханических факторов, таких как структурно-тектонического строения массива и геодинамической активности тектонических нарушений. Разработанные Мельников В.В. методики соответствуют мировому уровню и позволяют непосредственно оценивать карстовую опасность и делают возможным прогнозирование деформаций земной поверхности от сдвижения карстовых пустот естественного и техногенного происхождения.

## **5. Опыт закрепления молодых исследователей – участников 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 долговременного сотрудничества с молодым перспективным исследователем не всегда реализуется.

## **6. Перспективы развития исследований**

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.

В рамках НОЦ «Геотехнология» также выполняется контракт № 02.740.11.0722 «Исследование и разработка инновационных технологий спутниковой геодезии и объемного лазерного сканирования для мониторинга деформационных процессов территорий и объектов в районах добычи полезных ископаемых», 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» и разработка новых технологий мониторинга деформационных процессов, которые необходимы для объектов недропользования, оказавшихся в области влияния горных пород.

Наиболее перспективно взаимовыгодное научно-техническое сотрудничество 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. Охраноспособные результаты интеллектуальной деятельности (РИД), полученные в рамках исследования, разработки**

№	Вид охраняемого РИД	Название	Вид охранного документа	№ документа/ №заявки	Дата выдачи документа/дата подачи заявки	Страна патентования
1	Изобретение	Способ вскрытия карьеров	патент	2398110	24.02.2009	РФ

## 8. Список публикаций в рамках проекта

№	Ф.И.О. участника проекта	Наименование публикации на русском языке	Наименование публикации на языке оригинала (для иностранных публикаций)	Реквизиты издания, опубликовавшего работу	Статус журнала (список ВАК, другой)	Краткое описание связи содержания публикации с результатами проекта
1	Замятин А. Л.	Геофизический мониторинг на месторождении углеводородов		Горный информационно-аналитический бюллетень	список ВАК	Обосновано геомеханическое обеспечение масштабной добычи углеводородного сырья.
2	Мельник В. В.	Оценка опасности карстопроявлений геофизическими методами		Горный информационно-аналитический бюллетень	список ВАК	Обосновано геомеханическое обеспечение недропользования на территориях нарушенных техногенными карстами
3	Саканцев Г.Г., Кочнев А.А.	Установление зависимости параметров систем разработки от определяющих факторов при временной консервации бортов и уступов		Изв. вузов Горный журнал	список ВАК	Показана зависимость параметров систем разработки при консервации участков бортов и уступов при освоении объектов минерально-сырьевого комплекса
4	Соколов И. В.	Отработка подкарьерных запасов трубки «Удачная» в сложных климатических, горно- и гидрогеологических условиях		Горный журнал	список ВАК	Приведены технологии отработки подкарьерных запасов на границе открытых и подземных горных работ, осуществляемых в особо сложных северных условиях.

5	Сашурин А.Д.	Современная геодинамика и безопасность объектов недропользования		Горный информационно-аналитический бюллетень	список ВАК	Показано влияние современной геодинамики на безопасность объектов недропользования при разработке месторождений полезных ископаемых
---	--------------	--	--	--	------------	---

### 9. Диссертации, представленные к защите в рамках проекта

№	Ф.И.О. участника проекта	Наименование диссертации	Вид диссертации (кандидатская; докторская)	Наименование и шифр научной специальности	Номер диссертационного совета	Дата защиты диссертации (фактическая или плановая дата)	Краткое описание связи содержания диссертации с результатами проекта
1	Фурин Виталий Олегович	Обоснование технологических параметров углубочного комплекса для доработки крутопадающих месторождений	кандидатская	Геотехнология (подземная, открытая и строительная) 25.00.22	Д 004.010.01	декабрь 2011	Обоснованы технологические параметры углубочных комплексов для условий карьеров Сибири и Дальнего Востока
2	Мельник Виталий Вячеславович	Обоснование геомеханических факторов для диагностики опасности карстопроявлений при недропользовании	кандидатская	Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная азрогазодинамика и горная теплофизика 25.00.20	Д 004.010.01	09.12.2010	Выявлены геомеханические факторы, определяющие геодинамическую опасность размещения объектов недропользования, разработана методика диагностики состояния объектов на

							закарстованной территории
3	Каюмова Альфия Наиловна	Геомеханическое обоснование параметров камнепада к построению безопасных уступов и берм бортов карьеров	кандидатская	Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика 25.00.20	Д 004.010.01	22.02.2011	Разработана методика построения безопасных по параметру возникновения камнепадов уступов и берм карьеров при открытой разработке месторождений полезных ископаемых
4	Жариков Сергей Николаевич	Взаимосвязь удельных энергетических характеристик процессов шарошечного бурения и взрывного разрушения массива горных пород	кандидатская	Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика 25.00.20	Д 004.010.01	22.02.2011	Установлена взаимосвязь удельных энергетических характеристик процессов бурения и взрывного разрушения массива горных пород, позволяющая оптимизировать параметры взрывных работ
5	Саканцев Георгий Григорьевич	Геотехнологические основы внутреннего отвалообразования при разработке глубокозалегающих месторождений ограниченной длины	докторская	Геотехнология (подземная, открытая и строительная) 25.00.22	Д 004.010.01	декабрь 2011	Разработаны геотехнологические основы внутреннего отвалообразования при разработке глубокозалегающих месторождений Сибири и Дальнего востока, позволяющие сократить затраты на эксплуатацию месторождений полезных ископаемых

## 10. Выступления на конференциях

№	Ф.И.О. участника проекта	Наименование доклада на русском языке	Наименование доклада на языке оригинала (для международных конференций)	Название конференции, дата и место проведения	Краткое описание связи содержания доклада с результатами проекта
1	Криницын Р. В.	Влияние тектонического нарушения на проходку одиночной выработки		Международный симпозиум «Неделя горняка», 25-29 января 2010г., г.Москва	Разработан метод оценки влияния тектонического нарушения на подземные горные выработки
2	Зубков А. В.	Гипотеза формирования гравитационно-тектонических напряжений в массиве горных пород		Международный симпозиум «Неделя горняка», 25-29 января 2010г., г.Москва	Представлена гипотеза формирования полей напряжений в массиве горных пород при подземном способе разработки месторождений
3	Панжин А. А.	Исследование сдвижений земной поверхности при разработке месторождений с применением площадных инструментальных методов		Международный симпозиум «Неделя горняка», 25-29 января 2010г., г.Москва	Разработана методика площадного метода исследования сдвижений земной поверхности при разработке месторождений полезных ископаемых
4	Корнилков С.В.	Концепция сырьевого обеспечения металлургического производства. Технологии освоения месторождений при реализации программы Урал промышленный - Урал полярный		Международный симпозиум «Неделя горняка», 25-28 января 2011г., г.Москва	Разработана концепция геотехнологического обеспечения минерально-сырьевого комплекса при освоении стратегически важных месторождений
5	Балек А.Е.	Исследование возможностей и условий безопасного складирования хвостов мокрой флотации в зонах обрушения		Международный симпозиум «Неделя горняка», 25-28 января 2011г., г.Москва	Обоснована возможность безопасного складирования хвостов мокрой флотации в зонах обрушения действующих шахт при недро-

		действующих шахт				пользовании
--	--	------------------	--	--	--	-------------

### 11. Внедрение результатов проекта в образовательный процесс

№	Наименование образовательной программы	Тип программы	Уровень	Статус программы	Программа разработана в соответствии со стандартом	Уровень целевой группы	Потенциальные заказчики (география слушателей)	Планируемое количество слушателей (в год)
1	Дополнительная аспирантская подготовки в ИГД УрО РАН	программа дополнительного образования	аспирантура	уникальная программа для российской высшей школы	собственные стандарты	аспиранты 1 и 2 года подготовки	РФ, СНГ	25
2	Снижение риска природно-техногенных катастроф при недропользовании	программа дополнительного образования	специалитет	уникальная программа для российской высшей школы	собственные стандарты	сотрудники профильных предприятий	РФ, СНГ	15
3	Открытые горные работы и инновационная деятельность предприятия с открытым способом разработки	программа дополнительного образования	аспирантура	уникальная программа для российской высшей школы	собственные стандарты	аспиранты 1 и 2 года подготовки	РФ, СНГ	15

Главный научный сотрудник ИГД УрО РАН  
31 июля 2011 г.  
М.П.

\_\_\_\_\_ Аленичев В.М.