

АННОТИРОВАННЫЙ ОТЧЕТ ПО ПРОЕКТУ

Соглашение № 8670 от 21 сентября 2012 г. с дополнительным соглашением от 18 марта 2013 г. № 1

Тема: «Разработка геодинамической модели взаимодействия поверхностных и глубинных структур литосферы Тянь-Шаня по данным комплексных геофизических наблюдений»

Исполнитель: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Научная станция Российской академии наук в г. Бишкеке (НС РАН)

Ключевые слова: геофизические исследования, литосфера Тянь-Шаня, геодинамическая модель

1. Цель проекта

1.1. Формулировка задачи / проблемы, на решение которой направлен реализованный проект

Основной научной проблемой, на решение которой направлен проект, является изучение глубинных причин и особенностей современного континентального горообразования и связанных с ними опасных природных процессов на примере Тяньшанского региона. Данная проблема будет решаться в проекте на основе исследования глубинного строения и современной геодинамики литосферы Тянь-Шаня по результатам геофизических наблюдений в регионе.

1.2. Формулировка цели реализованного проекта, места и роли результатов проекта в решении задачи / проблемы, сформулированной в п. 1.1.

Основной целью проводимых исследований является разработка схематизированной геодинамической модели литосферы Тянь-Шаня на базе результатов комплексных геолого-геофизических исследований региона.

Результаты выполненного проекта помогут выявить характеристики структуры и процессов в нижней коре и верхней мантии Тяньшанского региона и объяснить их взаимодействие с верхнекоровыми структурами. Выполнение заявленных исследований обеспечит реальное привлечение студентов к научно-исследовательской деятельности, закрепление в сфере науки и образования научных и научно-педагогических кадров, формирование эффективных и жизнеспособных научных коллективов в области геофизики на постсоветском пространстве Центральной Азии.

2. Основные результаты проекта

2.1. Краткое описание основных полученных результатов

Проведен краткий обзор и анализ существующих вычислительных методов и алгоритмов в геофизике, а также численных методов решения этих задач.

Осуществлен выбор эффективных вычислительных методов и алгоритмов для построения численных геолого-геофизических моделей Тяньшанского региона.

Такой выбор сделан в рамках численной реализации трехмерной математической модели, описывающей процессы крупномасштабной циркуляции в глубоких водоемах на примере озера Иссык-Куль. Здесь разработана новая разностная схема для вычисления баротропных компонент вектора горизонтальной скорости в стационарном случае. Предлагаемая методика позволяет вычислять баротропные компоненты вектора скорости, не опираясь на традиционную процедуру численного дифференцирования функции тока, и не требует постановки дополнительных краевых условий. Разностная схема, реализованная при помощи проекционного варианта интегро-интерполяционного метода, дает возможность описывать пограничные и внутренние переходные слои в решениях.

Также с помощью проекционного варианта интегро-интерполяционного метода созданы новые численные методы решения прямой задачи МТЗ: одномерной задачи Тихонова-Каньяра и двумерной задачи Н-поляризации (ТМ-моды). Разработанная методика позволяет сохранить основные свойства дифференциальной задачи в ее дискретном аналоге и учитывать краевые условия общего вида.

Подготовлены материалы полевых магнитотеллурических наблюдений для численного моделирования.

Рассмотрены материалы магнитотеллурических зондирований на примере профиля ALAI-TIPAGE, геотраверса MANAS и зондирований Иссыккульской впадины. Для измерений компонент магнитотеллурического поля здесь использовались различные типы аппаратуры: измерительные системы МТ-24 (ЭМИ, США) и МТУ-5 (Феникс, Канада), широкодиапазонные станции GIPP (1000 Гц - 1000 с) с индукционными датчиками магнитного поля, длиннопериодные станции LEMI-004 (периоды до 10000 с) с феррозондовыми магнитометрами. Для обработки полученных полевых материалов МТЗ-МВЗ использовался широкий набор программных средств обработки: SSMT2000, EMERALD, CORRECTOR. Полученные в результате обработки оценки компонент тензора импеданса и геомагнитного типпера составили входной набор исходных данных для дальнейшего численного моделирования (решения обратной задачи МТЗ).

Построены предварительные геофизические модели Тяньшанского региона по профилю «ALAI-TIPAGE».

Построена численная геоэлектрическая модель вдоль линии комплексного геофизического трансекта «MANAS», расположенного на территории Киргизии и Китая и пересекающего Центральный Тянь-Шань по меридиану в полосе 75-76-го градуса восточной долготы.

Основными элементами полученного разреза электропроводности являются:

- ниже-коровый слой пониженного сопротивления менее 100 Ом-м на глубинах 40 - 60 км, фрагментарно отсутствующий в центральной части разреза;
- субвертикальные проводящие зоны в верхней и средней коре, наиболее мощные и глубинные из них расположены в центральной части профиля под Нарынской впадиной и на севере под Киргизским хребтом;
- спорадически проявляющийся верхне-коровый проводник на глубинах около 10 км.

Построена трехмерная геоэлектрическая модель Иссыккульской впадины.

Задача подбора трехмерного распределения сопротивления здесь решалась итеративно с помощью численного решения прямой задачи МТЗ-МВЗ на основе всей имеющейся априорной геолого-геофизической информации о регионе исследования. Проведенные численные эксперименты также позволили исследовать влияние трехмерной проводящей структуры водной оболочки озера Иссык-Куль на электромагнитное поле Земли на суше в окрестности озера. Выявленные в модели эффекты, связанные с трехмерностью исследуемой среды, характерны и для наблюдаемых данных МТЗ-МВЗ, полученных в районе озера Иссык-Куль.

Построена численная деформационная модель Тяньшанского региона.

На основе данных GPS наблюдений проведены численные расчеты поля современных деформаций для земной поверхности Центрального Тянь-Шаня.

Построена геодинамическая модель взаимодействия поверхностных и глубинных структур литосферы Тянь-Шаня по данным комплексных геофизических наблюдений.

На основе анализа и обобщения результатов комплексного геофизического трансекта «MANAS» построен комплексный структурно-геодинамический разрез, отражающей взаимосвязь поверхностных и глубинных структур литосферы Тянь-Шаня. Построенный разрез объединяет полученные по геотраверсу «MANAS» результаты исследований методами сейсмической томографии, МОВ-ОГТ и МТЗ. Выявленная слоистая структура в сейсмическом и геоэлектрических разрезах играет существенную роль в реализации тектонических дислокаций, в том числе в формировании

субгоризонтальных срывов, которые компенсируют вещественно-структурную, реологическую и геодинамическую дисгармонию поверхностных и глубинных структур в литосфере региона и является одним из проявлений тектонической расслоенности земной коры Центрального Тянь-Шаня. При этом вертикальная полосчатость сейсмического разреза и субвертикальные проводящие зоны геоэлектрического разреза вдоль геотраверса «MANAS» отражают ключевые элементы единой геодинамической системы литосферы Центрального Тянь-Шаня. В этой системе вертикальные границы и слои дают возможность для взаимодействия различных структурных этажей литосферы между собой и обеспечивают процессы объемного перераспределения вещества на разных глубинных уровнях земной коры и верхней мантии региона. Вертикальная зональность сейсмического и геоэлектрического разрезов имеет естественную природу, отражая области (каналы) высокой интенсивности глубинных флюидно-газовых и тепловых потоков коры. Можно предположить, что именно они в значительной мере обеспечивают вертикальные перетоки и перераспределение (течение) вещества в различных слоях литосферы Центрального Тянь-Шаня.

Разработана программа внедрения результатов НИР в образовательный процесс

Разработан научно-образовательный курс «Численные методы» в виде электронного учебника.

Электронный учебник размещен на официальном сайте ИС РАН: <http://www.gdir.ru/>

Подготовлены и научно-популярные материалы по следующим темам:

- метод математического моделирования;
- роль численных методов в математическом моделировании;
- простейшие геофизические модели.

Материалы размещены на сайте <http://www.gdir.ru/>

Подготовлены рукописи научных статей по результатам работ молодых исследователей:

1. Забиякова О.Б., Зинченко Д.И., Кулагина М.А., Рыбин А.К., Скляр С.Н. Численные методы решения прямых задач магнитотеллурического зондирования

2. Турдушев И.А., Скляр С.Н. Аналитические решения для трехмерной модели ветровых течений в водоеме

2.2. Описание новизны научных результатов.

Разностная схема для вычисления баротропной составляющей вектора горизонтальной скорости в задаче циркуляции жидкости в водоемах является оригинальной и предложена впервые. Схема естественным образом позволяет учитывать особенности в поведении решения, такие как пограничные и внутренние переходные слои.

Впервые для Тянь-Шаня получены детальные геофизические свидетельства определяющие взаимосвязь поверхностных и глубинных структур литосферы региона и построен комплексный структурно-геодинамический разрез на основе анализа и обобщения результатов исследований по геофизическому трансекту «MANAS».

2.3. Сопоставление с результатами аналогичных работ мирового уровня.

В работах Вryan К., Климука В.И., Кочергина В.П., Фридриха Г. и многих других для расчета баротропных составляющих скорости течения используются функция тока и процедура численного дифференцирования этой функции. На тестовом примере мы показали, что эта процедура в некоторых ситуациях может генерировать серьезные вычислительные ошибки. В работах Кочергина В.П. была предпринята попытка прямого вычисления интегральных скоростей (потоков), основанная на дифференцировании исходных уравнений. Однако, эта методика требует постановки дополнительных краевых условий и поэтому возможность ее реализации в рамках полной модели, на настоящий момент, требует дополнительного обоснования. Предложенная методика прямого вычисления баротропных составляющих вектора скорости не требует введения дополнительных краевых условий, свободна от ошибок, возникающих при дифференцировании функции тока, и оказывается более точной, чем ранее известные.

Анализ результатов, полученных в ходе выполнения проекта, показывает, что выполненные исследования по своему научно-техническому уровню, результативности, полноте и эффективности решений поставленных задач соответствуют мировому уровню развития наук о Земле.

3. Назначение и область применения результатов проекта

3.1 Описание областей применения полученных результатов

Результаты проведенных НИР могут быть использованы производственными организациями, осуществляющими комплексные геолого-геофизические исследования.

Научные решения проекта также могут быть распространены в научно-образовательных структурах, занятых в исследованиях физики Земли, геодинамики.

Активное привлечение студентов, аспирантов и молодых ученых в исследовательский процесс на всех этапах решения научных задач проекта способствует более качественной подготовке высококвалифицированных специалистов.

3.2 Перспективы практического применения и коммерциализации результатов проекта

3.2.1. Описание направлений практического внедрения полученных результатов или перспектив их использования.

Выполнение проекта будет способствовать частичному решению вопроса подготовки молодых исследовательских кадров в области геофизики для Центрально-Азиатского региона. В настоящее время на постсоветском пространстве Центральной Азии практически утрачены все, некогда сильные позиции системы обучения и подготовки квалифицированных кадров для нужд геофизики.

3.2.2. Оценка или прогноз влияния полученных результатов на развитие научно-технических и технологических направлений; на разработку новых технических решений; на изменение структуры производства и потребления товаров и услуг в соответствующих секторах рынка и социальной сферы.

Полученные результаты НИР дают новую дополнительную научно-методическую базу для развития технологии мониторинга и прогнозирования состояния окружающей среды.

3.2.3. Описание ожидаемых социально-экономических и др. эффектов от использования товаров и услуг, созданных на основе полученных результатов

Социально-экономическое значение полученных в проекте результатов связано, в первую очередь, с повышением качества жизни с точки зрения возможности получения более качественного профессионального образования и исследовательских навыков для молодого поколения.

3.2.4. Описание существующих или возможных форм коммерциализации полученных результатов.

Коммерциализация проектом не предусмотрена.

3.2.5. Описание видов новой и усовершенствованной продукции (услуги), которые могут быть созданы или уже созданы на основе полученных результатов интеллектуальной деятельности (РИД); указание предполагаемых или фактических рынков сбыта.

Данный пункт не запланирован соглашением.

4. Перспективы развития исследований

1) Участие научного коллектива в данном проекте ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» способствует созданию новых исследовательских партнерских групп и вовлечению студентов, аспирантов и молодых исследователей в реальный научно-исследовательский процесс, прежде всего, на постсоветском пространстве государств Центральной Азии.

2) Научный коллектив Исполнителя выполнял ряд проектов по близкой тематике, связанной с анализом и интерпретацией результатов глубинных электромагнитных зондирований в Тяньшанском регионе, при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований.

3) Наибольшую отдачу для развития в России технологий в области реализованного в проекте исследования может дать сотрудничество с научно-образовательными коллективами, исследовательская деятельность которых связана с изучением современной геодинамики сейсмоактивных регионов нашей планеты, в первую очередь, это страны СНГ Центрально-Азиатского региона, а также Греция, Китай, Индия, Япония.

5. Опыт закрепления молодых исследователей – участников проекта в области науки, образования и высоких технологий

Закреплены следующие специалисты:

Мансуров Артур Наильевич 01.11.1989 года рождения принят на работу на должность мнс НС РАН;

Турдушев Ильяр Абдулмажитович, 25.02.1988 года рождения, зачислен в очную аспирантуру КРСУ.

Директор НС РАН,
руководитель проекта, д.ф.н.



Рыбин А.К.

5 ноября 2013 г.