

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

На правах рукописи

ДАНИЛОВА Инесса Евгеньевна

КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Специальность 25.00.33 – картография

АВТОРЕФЕРАТ

**диссертации на соискание ученой степени
кандидата географических наук**

Санкт-Петербург

2005

Работа выполнена на кафедре картографии факультета географии и геоэкологии Санкт-Петербургского Государственного Университета.

Научный руководитель:

доктор географических наук, профессор

Курошев

Герман Дмитриевич

Официальные оппоненты:

доктор географических наук,
профессор

Тикунов

Владимир Сергеевич

доктор геолого-минералогических наук,
профессор

Бискэ

Георгий Сергеевич

Ведущая организация: Институт географии Сибирского отделения Российской академии наук (г. Иркутск)

Защита состоится «23» июня 2005 г. в «15» часов на заседании Диссертационного Совета Д 212.232.21 по защите диссертаций на соискание ученой степени доктора наук при Санкт-Петербургском Государственном Университете по адресу: 199178, Санкт-Петербург, В. О., 10-я линия, факультет географии и геоэкологии, д. 33, ауд. 74.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Санкт-Петербургского Государственного Университета по адресу: Университетская наб., д. 7/9.

Автореферат разослан «20» июня 2005 г.

Учёный секретарь Диссертационного Совета


Мосолова Г.И.

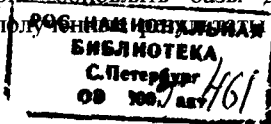
2006-4
10106

460952

Актуальность работы. Геодинамика как наука возникла в конце 50-х годов XX в., когда теория литосферных плит была подтверждена научными открытиями (спрединг океанического дна, палеомагнетизм и т.д.). Одна из важнейших проблем геодинамики - изучение перемещения литосферных плит. Зная точное значение параметров перемещения плит (координаты полюса вращения и угловую скорость вращения), можно решать важнейшие геодинамические и геодезические задачи: построение и уточнение земной системы координат, исследование приливно-отливных явлений в океанах и земной коре, изучения гравитационного поля и особенностей вращения Земли.

Развивающиеся в последние десятилетия методы космической геодезии, обеспечивающие данными о скоростях движения точек на земной поверхности, позволяют поднять геодинамические исследования на качественно новый уровень. Совместный анализ спутниковых наблюдений, гравиметрических и астрономических данных дает возможность как количественно, так и качественно оценить механические деформации Земли. Благодаря современным информационным технологиям исчезла проблема обработки больших массивов наблюдаемых данных.

Как всякая область науки, занимающаяся изучением природных процессов, геодинамические исследования требуют соответствующего картографического сопровождения. До настоящего времени это направление в картографии должным образом не развивалось. Сравнительно немногочисленные карты, основывающиеся на результатах наблюдений, полученных методами космической геодезии, имеют очевидные недостатки: они бессистемны и не унифицированы, не приведены к единой картографической основе, представляют информацию в чрезмерно обобщенном виде. Отмеченные недостатки приводят к тому, что эти карты выполняют только одну функцию, присущую картографическим изображениям - фиксировать, визуализировать результаты наблюдений, но они не могут быть инструментом исследования. В то же время значительный и постоянно возрастающий объем информации о движении точек на земной поверхности, обширные геологические, геофизические, гравиметрические данные требуют создания системы картографического обеспечения геодинамических исследований, которая позволила бы выявлять пространственно-временные особенности и изменения регистрируемых геодинамических параметров. В полной мере это может быть обеспечено только с использованием ГИС-технологий, что позволит проводить геодинамический мониторинг, регулярно обновлять базы данных, систематизировать и визуализировать пол...



различных тематических карт, выявлять взаимодействие различных явлений в геодинамике и геодезии, а также в сейсмологии и других областях наук, связанных с тектоникой литосферных плит. Возможность подняться на новый уровень геодинамических исследований за счет разработки научно-обоснованной методики картографирования геодинамических процессов подтверждает актуальность темы диссертационного исследования.

Цель данной работы – систематизация существующего опыта картографирования геодинамических процессов; разработка основных принципов, обеспечивающих дальнейшее развитие этого направления тематического картографирования; создание тематической коллекции карт, отражающих различные геодинамические параметры.

Были поставлены следующие задачи:

- анализ предметной области геодинамических исследований, рассматриваемой как объект картографирования, что позволит сформулировать основные принципы картографирования геодинамических процессов и определить элементы содержания создаваемых карт;
- поиск и анализ сейсмологических данных и данных о скоростях точек на земной поверхности, полученных различными методами космической геодезии;
- определение возможной структуры ГИС, соответствующей необходимому информационному обеспечению и созданию карт, отражающих различные геодинамические параметры;
- экспериментальное картографирование различных геодинамических параметров;
- выявление потенциальной индикационной значимости картографируемых геодинамических параметров.

Теоретическая и методологическая основа исследования.

Исследование опиралось на работы в области геоинформационного картографирования А.М.Берлянта, В.С.Тикунова, А.В.Кошкарева и других ученых; на выдающиеся достижения в области геодинамических исследований В.Е.Хаина, Л.П.Зоненшайна, С.А.Ушакова, Ю.И.Галушкина, О.Г.Сорохтина, С.В.Аплонова, В.Н.Жаркова и др.; на исследования в области астрометрии и космической геодезии О.А.Титова, С.К.Татевян, И.И.Краснорылова, Н.Зарроа и др. Работа проведена на основе личных исследований автора с 1998 по 2004 гг.

Информационная база. Были использованы следующие материалы: база данных информационного центра землетрясений геологической службы США (United States Geological Survey National Earthquake Information Center) с 1973-2002 гг.; база данных французской лаборатории геодезических исследований LAREG о

скоростях точек на земной поверхности (GPS, VLBI, SLR, Doris), ITRF 2000. Геодезическим институтом Мюнхена (DGFI) предоставлены данные Европейского центрального банка данных о границах плит по модели NUVEL-1.

Научная новизна. В работе заложены основы создания единой системы картографического обеспечения геодинамических исследований; сформулированы основные принципы картографирования геодинамических процессов, систематизированы элементы содержания карт. В ходе исследования впервые разработана принципиальная схема структуры ГИС "Геодинамика" и определено ее картографическое содержание.

Основные результаты диссертационной работы заключаются в следующем:

1. Разработана методика картографирования геодинамических процессов, на примере возможной схемы ГИС "Геодинамика".
2. Обработаны базы данных по сейсмологии и космической геодезии.
3. На основе собранных и обработанных наблюдательных данных создана система электронных карт "Geodynamics" ("Геодинамика").

В соответствии с принятыми направлениями исследования на защиту выносятся следующие положения:

- основные принципы картографирования геодинамических процессов;
- принципиальная схема структуры ГИС "Геодинамика";
- методика создания серии электронных карт "Геодинамика";
- выявление в процессе картографирования закономерности пространственной структуры картографируемых элементов, которые могут иметь индикационное значение.

Практическая ценность работы. В целом работа имеет прикладное значение и представляет несомненный интерес для всех специалистов, связанных с изучением геодинамических процессов и тектоникой литосферных плит. Разработанная методика картографирования геодинамических процессов позволяет создавать единообразные электронные карты по данной тематике. Определенные в работе основные принципы построения ГИС "Геодинамика" делают возможным создание в дальнейшем подобных геоинформационных систем на практике. Созданная система электронных карт "Geodynamics" значительно упрощает анализ движения литосферных плит и существенно повышает наглядность результатов сейсмологических исследований.

Предварительные результаты исследования легли в основу проекта "Изучение деформаций литосферных плит с помощью методов космической геодезии" (грант МАС РФФИ, 2002 г.), нашли отражение в гранте РФФИ (№17070, 2000-2002 г.). Материалы использовались на

семинарах и докладах для студентов и преподавателей кафедры картографии факультета географии и геоэкологии СПбГУ, сотрудников АИ им.Соболева СПбГУ, сотрудников ВСЕГЕИ.

Апробация. Основные результаты работы докладывались на международных конференциях "IAG 2001 Scientific Assembly" (Budapest, 2001), "XXVII General Assembly of the EGS" (Nice, 2002); на 30-й и 31-й Международных студенческих научных конференциях "Физика космоса" (Екатеринбург 2001, 2002); на Всероссийской астрономической конференции ВАК-2001 (Санкт-Петербург, 2001); на XXXVI Тектоническом совещании "Тектоника и геодинамика континентальной литосферы" (Москва, 2003).

По теме диссертации опубликовано 8 научных работ.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Разработка принципов картографирования любого явления требует изучения предметной области соответствующей науки, анализа состава и структуры исходных данных и методов их получения. Эти вопросы рассмотрены в главах 1, 2 настоящей работы.

Глава 1. Геодинамические процессы как объект картографирования.

Глава содержит исторический обзор этапов развития геодинамики и теории тектоники литосферных плит, основные положения современной теории литосферных плит, в том числе существующие кинематические модели и механизм движения литосферных плит.

Проведенный анализ собранной информации позволил выявить основные объекты и характеристики, используемые в геодинамических исследованиях для описания наблюдаемых процессов. В соответствии с этим, а также учитывая необходимость мониторинга, были определены основные принципы картографирования геодинамических процессов:

- в геодинамическом картографировании необходимы два направления: оперативное и фундаментальное;

- дизайн фундаментальных карт должен предусматривать двухплановое представление информации: графически усиленное изображение геодинамических элементов и графически приглушенное - общегеографических и геологических;

- содержание карт, отражающих геодинамические процессы, предопределяет использование таких способов картографического изображения как линейные знаки (границы плит), знаки движения (вектора скоростей), способ ареалов (геодинамические зоны), количественный фон (разделение пространства по абсолютным

скоростям движения), значковый способ (гипоцентры землетрясений, станции опорных сетей);

- сравнительно небольшая амплитуда колебаний скоростей движения точек на земной поверхности позволяет при построении векторов использовать абсолютную шкалу;

- при достаточной плотности точек наблюдения оперативное картографирование должно выполняться на глобальном, региональном и локальном уровнях;

- при наличии разных моделей кинематики плит, постоянной необходимости обновления количественных данных о скоростях точек на земной поверхности, ГИС является оптимальным методом картографического исследования проблем геодинамики.

Глава 2. Методы и системы регистрации движений литосферных плит. Методика плито-тектонических исследований.

В главе кратко рассмотрены различные методы плито-тектонических исследований, используемые для изучения перемещений литосферных плит. Рассматриваются традиционные геологические и геофизические методы, а также методы космической геодезии. В заключительной части приведены данные о международных организациях и проектах изучения геодинамических процессов.

Среди геологических и геофизических методов регистраций движений литосферных плит выделяют: палеоклиматические, палеомагнитные методы и кинематические данные. Геологические методы (в частности, палеоклиматические и палеомагнитные) подтверждают геодинамическую концепцию, но не обеспечивают количественную оценку движения литосферных плит. Впервые количественные данные этих перемещений были получены благодаря применению кинематических методов, на основе которых были созданы глобальные кинематические модели движения литосферных плит Ле Пишона, Минстера-Джордана, Галушкина-Ушакова.

Возможность определять с высокой точностью современные движения литосферных плит обеспечивается методами космической геодезии, широко применяемыми для изучения глобальных и региональных геодинамических процессов и движения Земли как планеты Солнечной системы. В работе кратко приведены сравнительные характеристики методов VLBI, SLR, GPS, DORIS и оценки точности определения скоростей движения точек на земной поверхности.

В ведущих научных центрах мира разрабатываются и проводятся различные программы международного сотрудничества по геодинамике. Для методов космической геодезии VLBI, GPS, SLR

существуют международные службы, а также специализированные и комплексные банки данных, созданные при ведущих космических агентствах (в США, Франции, России), куда поступают результаты наблюдений всех станций глобальной геодинамической сети.

Расширение сети и активизация работы международных проектов обеспечит в будущем более полную информацию о смещениях и деформациях литосферных плит, необходимую для геодинамического картографирования.

Глава 3. Основные положения геоинформационного картографирования геодинамических процессов.

В главе приведена разработанная принципиальная схема структуры ГИС "Геодинамика", рассматриваются ее основные функции. Далее подробно описывается картографическая часть ГИС "Геодинамика".

До настоящего времени вопросы использования ГИС-технологий в геодинамических исследованиях практически не рассматривались, поэтому разработка структуры ГИС "Геодинамика" на начальном этапе предполагает определение ее принципиальной схемы и необходимого картографического наполнения.

ГИС "Геодинамика" должна предусматривать выполнение следующих функций:

- хранение и обновление исходных данных;
- вычислительную обработку и анализ данных, получаемых с помощью различных методов космической геодезии;
- интерпретацию полученных результатов и картографирование (графические построения разного уровня сложности).

В соответствии с этим для разработки ГИС "Геодинамика" предложена принципиальная схема, состоящая из трех основных разделов: раздел исходной информации, раздел вычислительной обработки, раздел графических построений.

В разделе исходной информации хранятся основные и дополнительные данные. К основным относятся: сеть станций наблюдения методов космической геодезии, массивы исходной информации по всем геодезическим методам, сейсмологическая информация. В дополнительные данные могут входить существующие модели движения плит, различные палеоданные и карты необходимой тематики (геологические, сейсмологические, палеотематики, географические и т.д.).

В разделе вычислительной обработки производится отбраковка ошибочных наблюдений, выявляются зоны значительных рассогласований данных различных систем космической геодезии, вычисляются непосредственно геодинамические характеристики

(модельный блок) и производится анализ полученных результатов для двух случаев: в условиях твердотельной и нетвердотельной моделей.

Раздел графических построений делится на два блока: блок графической привязки и локализации исходных данных, в котором визуализируется часть основных исходных данных (опорные точки систем космической геодезии, гипоцентры землетрясений и т.д.) и хранятся необходимые географические основы; картографический блок, в котором создаются карты, использующие всю информацию, сосредоточенную в других разделах ГИС.

В ГИС «Геодинамика» следует различать картографический блок и картографическую часть. К картографическому блоку мы относим только те карты, которые отражают непосредственные геодинамические характеристики для оперативных и фундаментальных карт (границы, зоны, скорости и др.) и являются результатом работы самой ГИС. Картографическая часть должна включать в себя четыре группы карт:

I. существующие и при необходимости постоянно обновляемые или заново создаваемые геологические, геофизические и палео- карты различной тематики, используемые для определения положения некоторых геодинамических объектов (в основном границ литосферных плит и различных геодинамических зон);

II. карты, обеспечивающие локализацию различных количественных показателей, таких как скорости движения точек на земной поверхности, невязки скоростей и др.;

III. карты отдельных установленных геодинамических объектов и параметров;

IV. обобщающие карты, содержание которых опирается на все предшествующие источники и которые комплексно отражают геодинамическую ситуацию на определенном пространственном уровне.

Очевидно, что рассмотренные группы карт распределяются в ГИС по разным разделам. Первая группа карт относится к разделу исходных данных, вторая – к разделу графических построений, и входит в его блок графической привязки и локализации данных. Карты третьей и четвертой группы составляют собственно картографический блок ГИС и являются результатом анализа всей геодинамической информации.

Глава 4. Разработка и составление системы электронных карт «Geodynamics».

По результатам проведенного исследования, на основе русифицированной версии ГИС "MapInfo 6.0 Professional", была создана система электронных карт «Geodynamics» («Геодинамика»), в

которую вошли все материалы, созданные за время работы: картографический материал (более 250 карт в виде тематических слоев и рабочих наборов), базы данных землетрясений, координат и скоростей движения станций космической геодезии (GPS, VLBI, SLR, Doris), подготовленные для картографирования.

Картографический материал системы «Geodynamics» состоит из трех серий карт:

1. карты землетрясений.
2. карты скоростей точек на земной поверхности (для разных методов космической геодезии и совместная).
3. карты скоростей и невязок для Евразийской и Северо-Американской плит.

Основной задачей при разработке карт для раздела «Earthquakes» (серия карт и баз данных по землетрясениям) является выявление индикационных свойств землетрясений при изучении геодинамических процессов.

Проведенный анализ исходных данных (результаты статистической обработки представлены в работе в графиках, диаграммах и таблицах) показывает, что существует определенная закономерность в распределении землетрясений по глубинным слоям: постепенное возрастание в слое 0-70 км, затем постепенное (в слое 71-100 км), значительное (в слое 101-200 км) и резкое (глубже 200 км) уменьшение их числа, приходящегося на 1 км. Плавное в целом изменение картографируемого показателя в слое 0-70 км резко нарушается на глубинах 10 и 33 км и менее значительно на глубине 4-5 км.

По результатам анализа сейсмологических данных были сформулированы некоторые предварительные рекомендации для экспериментального картографирования землетрясений с учетом выделенных глубинных ступеней и срезов. Было создано три вида карт: суммарная карта всех землетрясений, карты землетрясений по глубинным зонам и срезам, и карты, отражающие силу землетрясений.

Проведенный эксперимент показал, что ГИС представляет возможность визуализировать размещение гипоцентров землетрясений в отдельных глубинных зонах и позволяет подчеркнуть некоторые особенности их пространственной локализации как в плане, так и по глубине. Обращают на себя внимание активное распространение землетрясений в зоне спрединга на глубинах 10 и 33 км, появление четко выраженных "белых пятен" на фоне максимального (по количеству) проявления землетрясений на отдельно взятой глубине 33 км (рис.1). В глубинной зоне 15-35 км наблюдается постепенно усиливающееся притяжение гипоцентров к границам плит, выделяются глубинные уровни, на которых происходит существенная перестройка картины распространения землетрясений.

Помимо распределения и размещения гипоцентров по глубинам, для геодинамических исследований может оказаться информативным пространственное и глубинное распределение землетрясений по магнитуде. Эти карты позволяют проследить процесс формирования и последующего разрушения линейных структур гипоцентров землетрясений при различных магнитудах и выявить особенности этого процесса в разных сейсмических зонах.

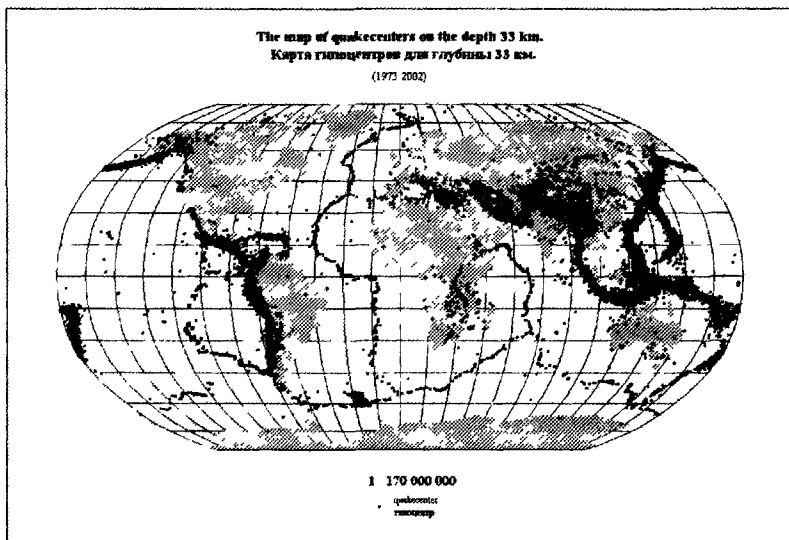


рис. 1

Следующим этапом работ было создание раздела «Space geodesy stations velocities» (серия карт и баз данных по скоростям движения точек на земной поверхности).

Для характеристики скоростей движения точек на земной поверхности были составлены мировые карты по данным отдельных систем космической геодезии и суммарная. Созданные карты (рис.2) позволяют проводить анализ по следующим направлениям:

- сходимость векторов скоростей движения, определенных разными системами космической геодезии для общих или близко расположенных точек;
- дифференциация литосферных плит по преобладающим значениям скоростей движения точек;
- стабильность векторов скоростей движения точек в пределах отдельных плит;

- стабильность векторов скоростей движения в пределах отдельных плит при повторных наблюдениях через определенный временной интервал;
- степень совпадения векторов скоростей движения точек смежных плит в приграничной зоне.

По величине скоростей движения точек четко выделяются три группы литосферных плит: плиты с максимальными скоростями от 30 до 60 мм/год, со средними скоростями от 10 до 30 мм/год, плиты с минимальными скоростями, менее 10 мм/год. Во второй группе плит можно ввести дополнительное подразделение на две части, используя в качестве критерия скорости 20-30 мм/год.

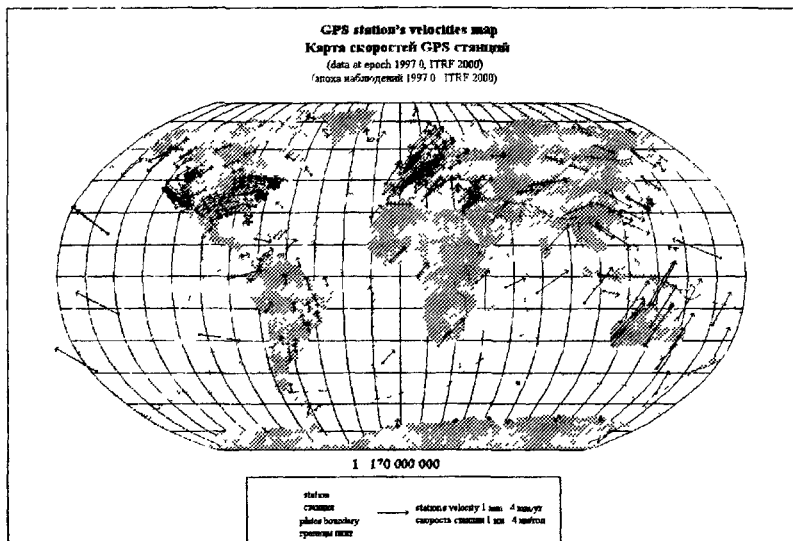


рис.2

Следующая серия карт невязок скоростей для Евразийской и Северо-Американской плит (раздел «Stations velocities and residuals») создавалась на основе математической обработки данных о скоростях станций, анализа этих данных, а также моделирования геодинамических процессов, результаты которого сопоставлялись с материалами реального наблюдения.

В разделе вычислительной обработки выполняются следующие операции:

- вычисление параметров движения плит (угловая скорость вращения и полюс вращения плиты);
- расчет модельных значений скоростей движения точек на земной поверхности (в рамках твердотельной модели);
- вычисление невязок скоростей движения точек на земной поверхности, которые и принимаются в качестве картографируемого показателя.

Для проведения исследования и вычисления невязок скоростей на основе твердотельной модели вращения были выбраны две плиты: Северо-Американская и Евразийская, как наиболее обеспеченные наблюдательными данными.

Обработка данных проводилась по следующей схеме:

Линейные (V) и угловые (ω) скорости движения точек на земной поверхности связаны следующим соотношением:

$$V(x) = \omega(y) \cdot z - \omega(z) \cdot y$$

$$V(y) = \omega(z) \cdot x - \omega(x) \cdot z$$

$$V(z) = \omega(x) \cdot y - \omega(y) \cdot x$$

Используя данные наблюдений, мы получаем значения проекций вектора ω для каждой станции, после чего, применяя метод наименьших квадратов, оцениваем параметры вращения всей плиты: где ω ($\omega(x)$, $\omega(y)$, $\omega(z)$) – параметры вектора вращения плиты. На основе предположения о твердотельном вращении каждой плиты, зная координаты каждой станции (x , y , z) и общие для всей плиты компоненты вектора ω , можно вычислить модельные скорости каждой станции $V_m(x)$, $V_m(y)$, $V_m(z)$.

Разности, найденные по правилу вычитания векторов, между наблюдаемыми скоростями и скоростями, вычисленными при условии твердотельного вращения (остаточные невязки скоростей), характеризуют точность используемой модели, и их величины позволяют оценить отклонение от твердотельной модели движения литосферных плит. Большие и не совпадающие с направлением вектора скорости станции невязки свидетельствуют о нетвердотельности плиты в данном районе.

И для Северо-Американской, и для Евразийской плит компоненты вектора ω и погрешности их определения были вычислены как отдельно по наблюдениям GPS, VLBI, SLR, так и совместно для всех четырех методов, включая и систему DORIS. Проводить оценивание по данным только системы DORIS пока не представляется возможным из-за ограниченного количества информации.

Большие остаточные невязки скоростей в пределах Северо-Американской плиты привели к решению о проведении вычислений с

разными наборами станций. Были приняты следующие наборы станций:

- все станции;
- все станции, кроме находящихся у границы плиты;
- все станции, кроме находящихся на Аляске;
- все станции, кроме находящихся у границы плиты и на Аляске;
- только станции, находящиеся на Аляске.

Лучший результат (с наименьшими невязками) получен при исключении станций у границы плиты и на Аляске.

По результатам вычислений были созданы карты остаточных невязок скоростей для Евразийской и Северо-Американской плит. Для Северо-Американской плиты карты построены для всех наборов станций, их сравнение с картой-эталонном с наименьшими невязками позволяет оценить изменения в картографическом изображении при включении дополнительных данных и на основании этого определить влияние различных станций на величину и распределение невязок.

Карты невязок для Северо-Американской и Евразийской плит созданы впервые. Предложенное картографическое решение карты (сочетание векторов наблюдаемой скорости и невязки, а не модельной скорости) решает несколько задач. Взаимное сочетание векторов по величине и ориентированию позволяет достаточно детально оценить "твердотельность" различных плит и их участков, установить адекватность вычисленной модели, реконструировать вектор модельной скорости.

Заключение

Выполненная работа позволяет сформулировать основные положения, определяющие современный уровень и перспективы развития геодинамического картографирования:

- В настоящее время возможны работы на глобальном и, для Евразийской и Северо-Американской плит, на региональном уровне. Создание региональных карт для других мегаплит и карт на локальном уровне (мезо- и микро-плиты) не обеспечено детальной информацией.
- В геодинамическом картографировании должны развиваться два направления: фундаментальное и оперативное. В первом случае в содержании карт отражаются наиболее стабильные, в основном качественные характеристики. Они создаются на основе геологической и геофизической информации с частичным привлечением данных систем космической геодезии и не требуют систематического обновления. Карты второго направления обеспечивают мониторинг геодинамических процессов, для их создания используется оперативная сейсмологическая информация, данные наблюдений систем космической геодезии, результаты геодинамического моделирования.

Элементы содержания этих карт в основном имеют количественные оценки.

- В отмеченных направлениях геодинамического картографирования наиболее перспективно создание карт двух видов: отображающие многоплановую характеристику геодинамической ситуации (границы плит и геодинамические зоны разного иерархического уровня, центры вращения плит, активные тектонические разломы и т.п.) и представляющие отдельные геодинамические параметры (наблюдаемые скорости движения точек, невязки скоростей, гипоцентры землетрясений, в перспективе – различные виды деформаций литосферных плит). Основное назначение карт первого вида – зафиксировать современный уровень геодинамической концепции. Карты второго вида должны обеспечивать постоянный анализ геодинамической ситуации, а также стать инструментом геодинамических исследований.

- Полноценное развитие геодинамического картографирования, особенно его оперативного направления, невозможно без использования ГИС-технологий. Только в этих условиях может быть организовано, в частности, периодическое картографирование скоростных показателей, позволяющее фиксировать происходящие изменения.

При экспериментальном картографировании определены элементы содержания карт геодинамических процессов, решен ряд методических вопросов:

- установлена технологическая последовательность процедур, обеспечивающих создание оперативных карт;
- на основе статистического анализа выявлены границы глубинных слоев и глубинные срезы, для которых характерно существенное изменение в количестве землетрясений;
- рекомендовано составление самостоятельных карт для этих слоев и срезов;
- предложено картографическое решение для сопоставления наблюдаемых и модельных скоростей движения точек на земной поверхности.

Карты наблюдаемых скоростей и карты невязок использованы для анализа динамики угловых и линейных параметров элементов содержания как в пределах отдельных плит, так и в районах межплитовых границ. Это позволит разделять плиты по преобладающим скоростям, по направлению движения, выделять границы с согласным и различно ориентированным движением точек на земной поверхности, выявлять внутриплитовую дифференциацию по этим параметрам.

Для расширения индикационных возможностей созданной системы электронных карт предложен метод послойного картографирования землетрясений с малым шагом глубин. Это обеспечивает изучение их пространственно-временного распределения по магнитуде и глубине гипоцентров.

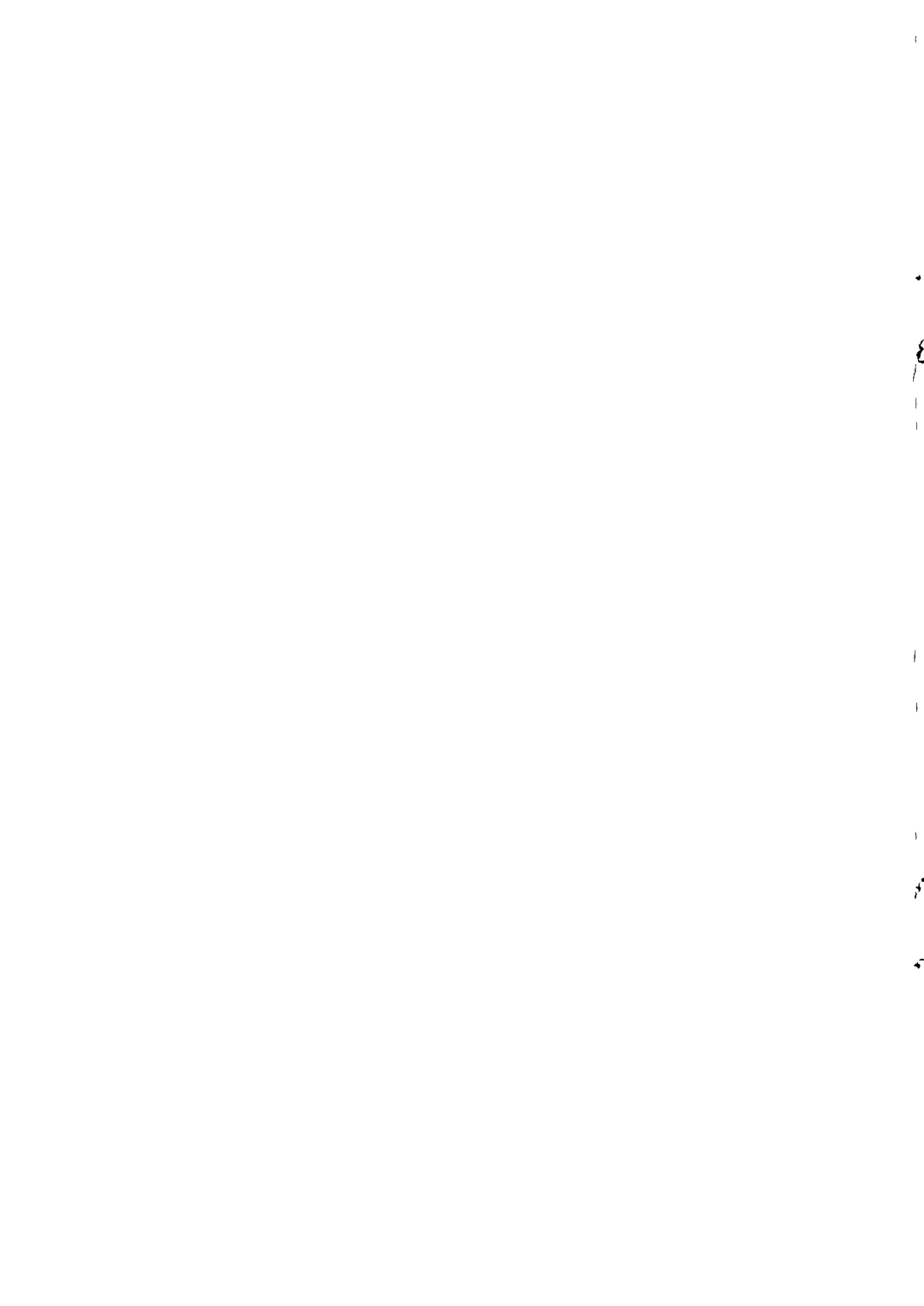
Изложенные результаты проведенного исследования по определению основных принципов картографирования геодинамических процессов, методики создания оперативных карт, их использования для изучения особенностей движения литосферных плит свидетельствуют, что они могут служить основой для формирования и дальнейшего развития нового направления в картографировании геодинамических процессов.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Данилова И.Е., Курошев Г.Д., Титов О.А. Использование современных космических технических средств для изучения кинематики литосферных плит// Вестник Санкт-Петербургского университета. География. 2001. № 31.
2. Danilova I. Plate Tectonic Motion From Modern Observational Data// Proc.of IAG 2001 Scientific Assembly. Budapest, 2-7 September 2001.
3. Данилова И.Е. Тектоника литосферных плит по современным данным космической геодезии// Труды 30-й Международной студенческой научной конференции "Физика космоса". Екатеринбург, 29 января-2 февраля 2001г. (с.182).
4. Данилова И.Е., Титов О.А. Движение литосферных плит по современным данным наблюдений// Труды Всероссийской астрономической конференции ВАК-2001, 6-12 августа 2001г. (с.57).
5. Danilova I. Plate Tectonic Motion From Modern Observational Data// Abstracts of IAG 2001 Scientific Assembly. Budapest, 2-7 September 2001. (p.133).
6. Данилова И.Е. Геодинамическое моделирование по современным данным космической геодезии. Труды 31-й Международной студенческой научной конференции "Физика космоса". Екатеринбург, 28 января-1 февраля 2001г. (с.161).
7. Danilova I. Construction geodynamic model from modern observational data// Abstracts of XXVII General Assembly of the EGS, 20-28 April 2002.
8. Данилова И.Е. Изучение деформаций Евроазиатской плиты с помощью современных данных техник космической геодезии. Материалы XXXVI Тектонического совещания "Тектоника и геодинамика континентальной литосферы". Том 1.- М.:Геос, 2003. (с.176-180).

Подписано в печать 16.05.05. Формат бумаги 60x84 1/16
Бумага офсетная Печать ризографическая. Усл. печ. л. 1,0.
Тираж 100 экз. Заказ 3611.

Отпечатано в отделе оперативной полиграфии НИИХ СПбГУ
198504, Санкт-Петербург, Старый Петергоф, Университетский пр 26



3

4

5

6

№ 1 1 5 2 0

РНБ Русский фонд

2006-4

10106