

## 22. ТРЕХМЕРНАЯ ГЕОДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЛИТОСФЕРЫ ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ В КАЙНОЗОЕ

Научный руководитель — академик Логачев Н. А.

**ИЗК СО РАН:** Леви К. Г., Алакшин А. М., Голубев В. А.,  
Дорофеева Р. П., Кожевников В. М., Лухнев А. В., Лысак С. В.,  
Мирошниченко А. И., Мордвинова В. В., Саньков В. А.,  
Семинский К. Ж., Черемных А. В., Шерман С. И.

**ИГФ СО РАН:** Дучков А. Д., Дядьков П. Г., Соколова Л. С.,  
Тимофеев В. Ю.

**Новосибирский ГИС-центр СО РАН:** Забадаев И. С.,  
Кривоногов С.

**ИГД СО РАН:** Назаров Л. А., Назарова Л. А.

**Введение.** Проектом предусматривается построение объемной 3-мерной модели литосферы Центральной Азии в машиночитаемом виде. В плане работ:

- построение 3-мерной модели глубинного строения земной коры и верхней мантии Центральной Азии (по данным взрывной сейсмологии на длинных профилях и сейсмической томографии), подготовительные работы по созданию 3-мерной сейсмостратиграфической модели Байкала и Телецкого озера (Геофизическая служба СО РАН, ИЗК СО РАН);
- построение 3-мерной геотермической модели литосферы Центральной Азии (ИГФ ОИГГМ СО РАН; ИЗК СО РАН; ГИС-центр ОИГГМ);
- построение 3-мерной модели напряженно-деформированного состояния литосферы Центральной Азии по гравиметрическим данным (ИЗК СО РАН; ГИС-центр ИЗК СО РАН);
- построение математических моделей напряженно-деформированного состояния основных структурных элементов Центральной Азии и кинематических моделей (ИГФ ОИГГМ СО РАН; ИГД СО РАН; ИЗК СО РАН);
- изучение периодичности проявления деформационных процессов в литосфере Центральной Азии (ИЗК СО РАН; ИГФ ОИГГМ СО РАН).

Авторский коллектив избрал своей стратегией в **1997 г.** отработку методики и подходов к построению 3-мерной модели литосферы Байкальской рифтовой системы — наиболее изученной части Центральной Азии. Ниже мы вкратце приводим эти результаты. Большая часть этой статьи наполнена иллюстративным материалом, что позволяет читателю напрямую воспользоваться некоторыми результатами проекта, находящегося еще на самых дальних подступах к решению проблемы.

**Создание трехмерной топографической основы для тестового региона Прибайкалья**, на наш взгляд, важно, так как обычно, имея дело с картами, мы, по существу, используем плоское отображение геологических и геофизических объектов и, следовательно, в той или иной мере искаженное. В настоящий момент создание объемной модели рельефа является одной из первоочередных и, наверное, самых кропотливых работ по проекту. Идет работа по созданию 3-мерной топографической основы карт Сибири в м-бе 1 : 1 000 000 и ближнего Прибайкалья в м-бе 1 : 200 000.

**Трехмерная модель глубинного строения литосферы Центральной Азии по комплексу геофизических данных.** В рамках этого раздела в

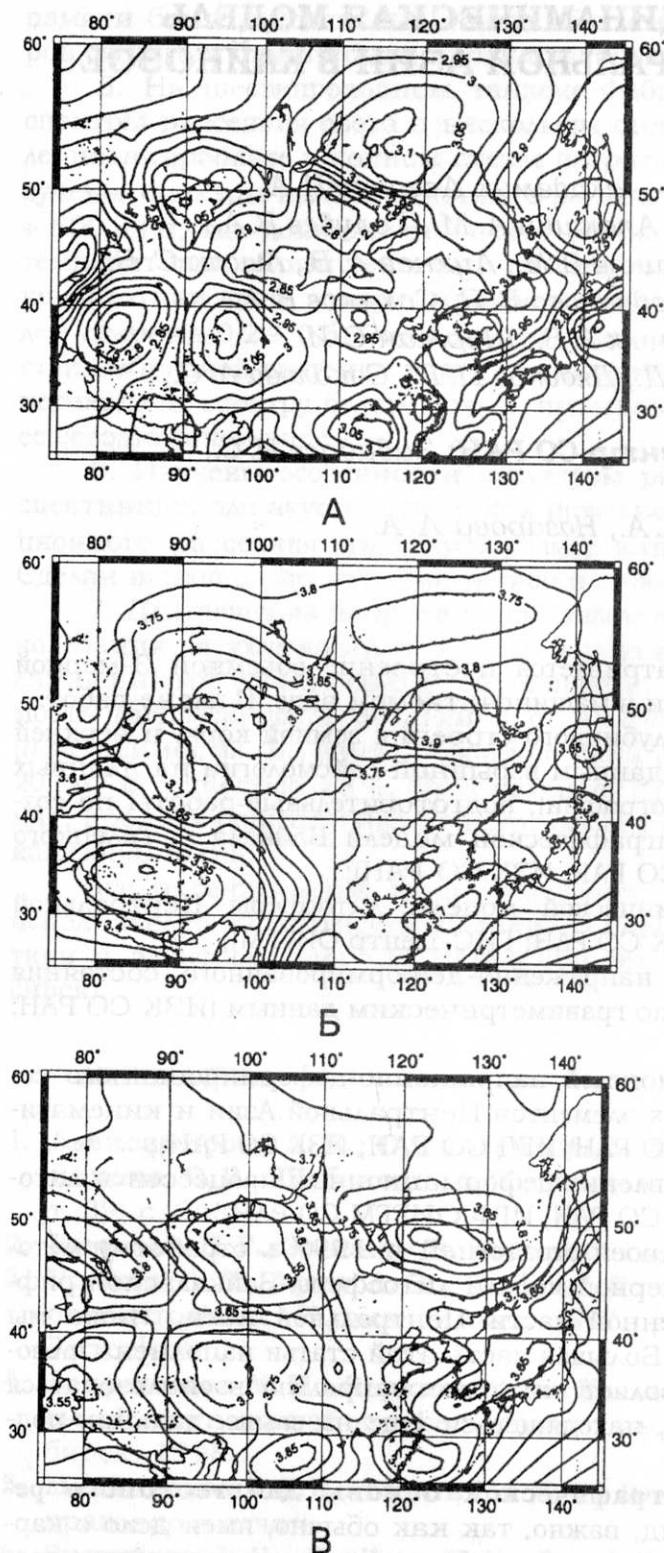


Рис. 1. Распределение групповых скоростей основной моды волн Рэлея на Азиатском континенте для периодов колебаний: А — 10 с, Б — 60 с, В — 150 с.

для более длиннопериодных колебаний волн Рэлея. На картах, соответствующих периодам 60 с и более, особенности распределения групповых скоростей обу-

1997 г. были выполнены работы по предварительной интерпретации данных о горизонтальных неоднородностях в литосфере Азиатского континента, базирующейся на подходе, в основе которого лежит метод поверхностно-волновой томографии (метод Бэйкуса—Гильберта). В качестве исходных данных использовались сведения о характере дисперсии групповых скоростей основной моды волн Рэлея (дисперсионные кривые групповых скоростей) вдоль сейсмических трасс, пересекающих континент в разных направлениях. Целью этих работ является получение, на базе вычислений, карт распределения групповых скоростей основной моды волн Рэлея на Азиатском континенте.

В результате обработки данных получено пятнадцать погоризонтных планов изменения групповых скоростей с шагом 10 с. Их анализ позволяет выявить некоторые закономерности в распределении групповых скоростей, связанные с наличием в коре и верхней мантии Азиатского континента крупномасштабных скоростных неоднородностей. Так на карте, соответствующей периоду колебаний 10 с, максимумы групповых скоростей приурочены к тектонически активным высокогорным регионам, тогда как для стабильных платформенных структур характерны существенно более низкие скорости. Очевидно, что в данном случае это можно связать с наличием или отсутствием мощных осадочных отложений в том или ином регионе. Иная картина в распределении групповых скоростей наблюдается

словлены как толщиной коры в целом, так и скоростными характеристиками коры и верхней мантии. Тектонически активные регионы континента характеризуются существенно более низкими скоростями поверхностных волн по сравнению со стабильными платформами (рис. 1).

### Построение 3-мерной геотермической модели Центральной Азии.

Построение 3-мерной геотермической модели литосферы Центральной Азии было начато, так же как и в предыдущем случае, с построения погоризонтных срезов, расчет температур на которых производился с учетом теплопроводности, теплогенерации и величин теплового потока. При расчете температур для больших глубин тепловое поле считалось стационарным, теплопроводность и теплогенерация принимались меняющимися по экспоненциальному закону, величины теплового потока соответствовали имеющимся фактическим данным на поверхности. Расчеты проводились по известным и преобразованным формулам.

**На глубине 1 км** температуры подо дном оз. Байкал оказались более низкими ( $16 \pm 9^\circ$ ), чем измеренные или прогнозные величины в его горном обрамлении ( $18 \pm 14^\circ$ ) и особенно в других рифтовых впадинах ( $37 \pm 18^\circ$ ), по-видимому из-за того, что измерения начинались со дна озера, т.е. на глубинах более **1—1,5 км**. Даже в Забайкалье и на юге Сибирской платформы они выше. **На глубине 3 км** температура под Байкальской ( $81 \pm 33^\circ$ ) и другими ( $93 \pm 32^\circ$ ) рифтовыми впадинами уже значительно выше, чем в их горном обрамлении ( $49 \pm 29^\circ$ ) и в прилегающих районах Забайкалья ( $61 \pm 19^\circ$ ) и особенно в южных районах Сибирской платформы ( $46 \pm 10^\circ$ ). **На глубине 5 км** подобная тенденция продолжает сохраняться и заметно усиливается, так как температуры подо дном оз. Байкал уже почти в два раза превышают температуры на той же глубине в окружающих районах (рис. 2).

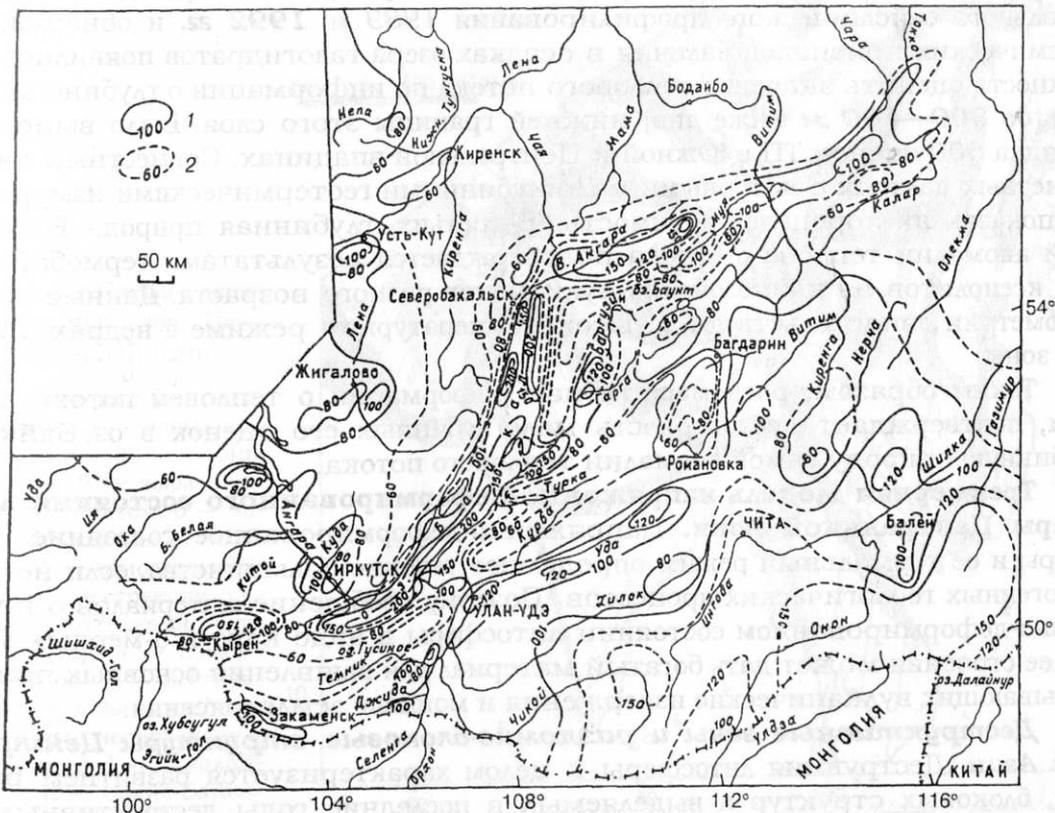


Рис. 2. Температура ( $^\circ\text{C}$ ) на глубине 5 км.

Результаты расчетов **для глубин 10–50 км** хотя и нельзя считать окончательными, так как они, возможно, требуют уточнения величин расчетных параметров, особенно для Забайкалья и Прибайкалья, но они уже позволяют судить об интенсивности разогрева глубинным теплом земной коры и верхних горизонтов мантии. Распределение температур **на глубине 40 км**, по сути, на подошве коры, и сравнение закономерностей этого распределения с другими срезами и геодинамическими параметрами позволяют полагать, что выявленным закономерностям нарастания глубинных температур соответствуют повышение интенсивности неотектонических движений, уменьшение толщины земной коры и литосферы в целом.

Таким образом, на всех уровнях в литосфере Байкальская впадина выделяется повышенными температурами. Собственно, это предопределяется самой методикой прогнозирования температур по тепловому потоку. Используя ее, мы не только предполагаем стационарность температурного поля (это может привести к занижению расчетных значений температур), но и квалифицируем аномалию теплового потока как глубинную, отражающую реальные вариации температур, по крайней мере, в низах коры.

**Проблема природы Байкальской аномалии теплового потока (глубинная или приповерхностная).** Объяснения природы Байкальской аномалии основаны на многочисленных, но малоуглубинных (в слое осадков мощностью **1–3 м**) определениях теплового потока. Поэтому есть опасения, что с глубиной тепловой поток изменяется и гипотеза его глубинной природы потребует корректировки. Следует отметить, что достоверность малоуглубинных оценок теплового потока в оз. Байкал получила несомненное подтверждение. Во-первых, оценки потока по измерениям температуры и теплопроводности осадков до глубины **100 м** в первых подводных скважинах **BDP-93** (Бугульдейская перемычка) и **BDP-96** (Академический хребет) показали их соответствие наблюдениям с погруженными термографами. Во-вторых, после проведения многоканального сейсмического профилирования **1989** и **1992 гг.** и обнаружения сейсмических признаков наличия в осадках озера газогидратов появилась возможность оценить значения теплового потока по информации о глубине залегания (**до 300–400 м** ниже дна) нижней границы этого слоя. Было выполнено порядка **500** оценок ТП в Южной и Центральной впадинах. Совместный анализ расчетных данных с натурными малоуглубинными геотермическими измерениями показал их хорошую сходимость. В-третьих, глубинная природа Байкальской аномалии теплового потока подтверждается результатами термобарометрии ксенолитов из кайнозойских вулканитов разного возраста. Данные термобарометрии свидетельствуют о высокотемпературном режиме в недрах рифтовой зоны.

Таким образом, разномасштабная информация о тепловом потоке, в общем, подтверждает достоверность малоуглубинных его оценок в оз. Байкал и глубинную природу самой аномалии теплового потока.

**Трехмерная модель напряженно-деформированного состояния литосферы Центральной Азии.** Напряженно-деформированное состояние литосферы и ее термальный режим определяют течение большинства, если не всех, эндогенных геологических процессов. Поэтому обобщение материалов о напряженно-деформированном состоянии литосферы в виде карт и 3-мерных моделей ее строения может дать богатый материал для выявления основных причин, вызывающих вулканические извержения и мощные землетрясения.

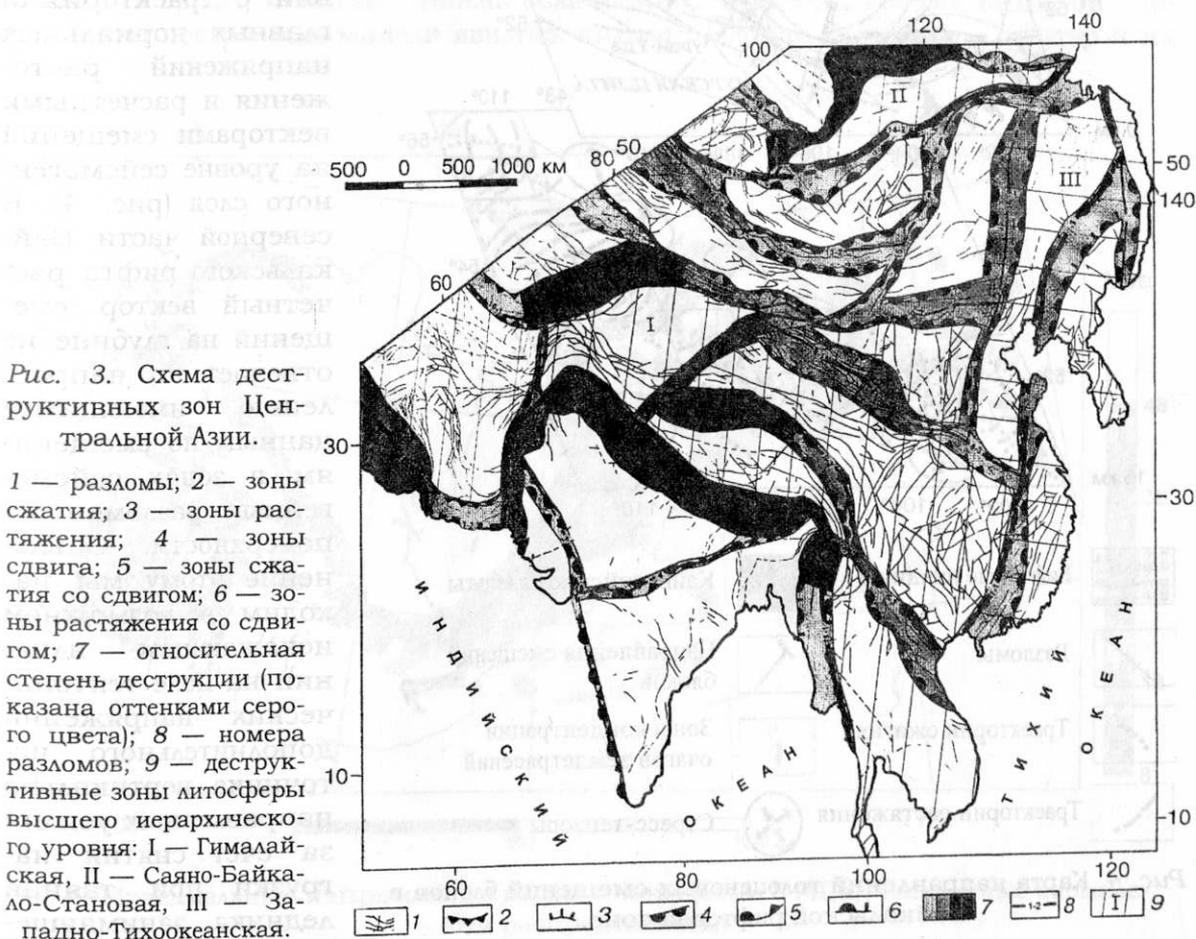
**Деструктивные зоны и разломно-блоковые структуры Центральной Азии.** Деструкция литосферы в целом характеризуется развитием разломов, блоковых структур и выделяемых в последние годы деструктивных зон литосферы (ДЗЛ). Деструктивные зоны – особый класс структур литосферы.

В объем этого понятия входят области континентальной и океанической коры, характеризующиеся повышенной раздробленностью, современной сейсмичностью, интенсивным напряженным состоянием, высокими скоростями деформирования среды и контрастными вариациями значений геофизических полей.

В Центральной Азии выделяются две крупные деструктивные зоны литосферы: Гималайская и Саяно-Байкало-Становая. Обе имеют субширотное простираие и на востоке сливаются с Западно-Тихоокеанской деструктивной зоной. Из теоретических и экспериментальных работ по разрушению материалов известно, что деструктивный процесс начинается с рассеянной трещиноватости деформируемой среды. По мере развития деформаций трещиноватость структурируется в отдельные локальные более крупные разрывы. Аналогичным образом процесс повторяется на каждом последующем иерархическом уровне.

Составлены карты современных деструктивных зон и разломно-блоковой тектоники Центральной Азии (рис. 3). Проведен сравнительный анализ пространственного расположения упомянутых структур, а также некоторых физико-математических закономерностей деструкции в каждом из существующих типов напряженно-деформированного состояния литосферы.

Установлено, что современные ДЗЛ, за редким исключением, не совпадают с границами наиболее крупных литосферных блоков. ДЗЛ формируются благодаря интегрированию разнопорядковых и разновозрастных дислокаций. Блочные структуры Центральной Азии также вычлняются при пересечениях и комбинациях, прежде всего, разновозрастных разломов. При этом, чем крупнее блок, тем большая временная разность в зарождении ограничивающих его раз-



ломов. Процесс разломообразования в литосфере хорошо коррелирует с ее сейсмичностью, что позволяет по интегрированной группе признаков оценивать относительную степень деструкции литосферы, используя параметры разломов, блоков и сейсмичности.

**О соотношении поверхностного структурного плана и современного поля тектонических напряжений на глубине в Байкальской рифтовой зоне.** Основываясь на данных о геометрии сместителей активных (сейсмогенных) разломов, соотношении амплитуд вертикальных и горизонтальных смещений по ним и расчетов стресс-тензоров по механизмам очагов землетрясений, мы проанализировали соотношения векторов современных (голоценовых) движений блоков по основным разломам на земной поверхности и пространственных характеристик современного поля тектонических напряжений на уровне сейсмогенного слоя. Глубина этого уровня принята равной **15 км**, что соответствует максимуму распределения гипоцентров землетрясений в зем-

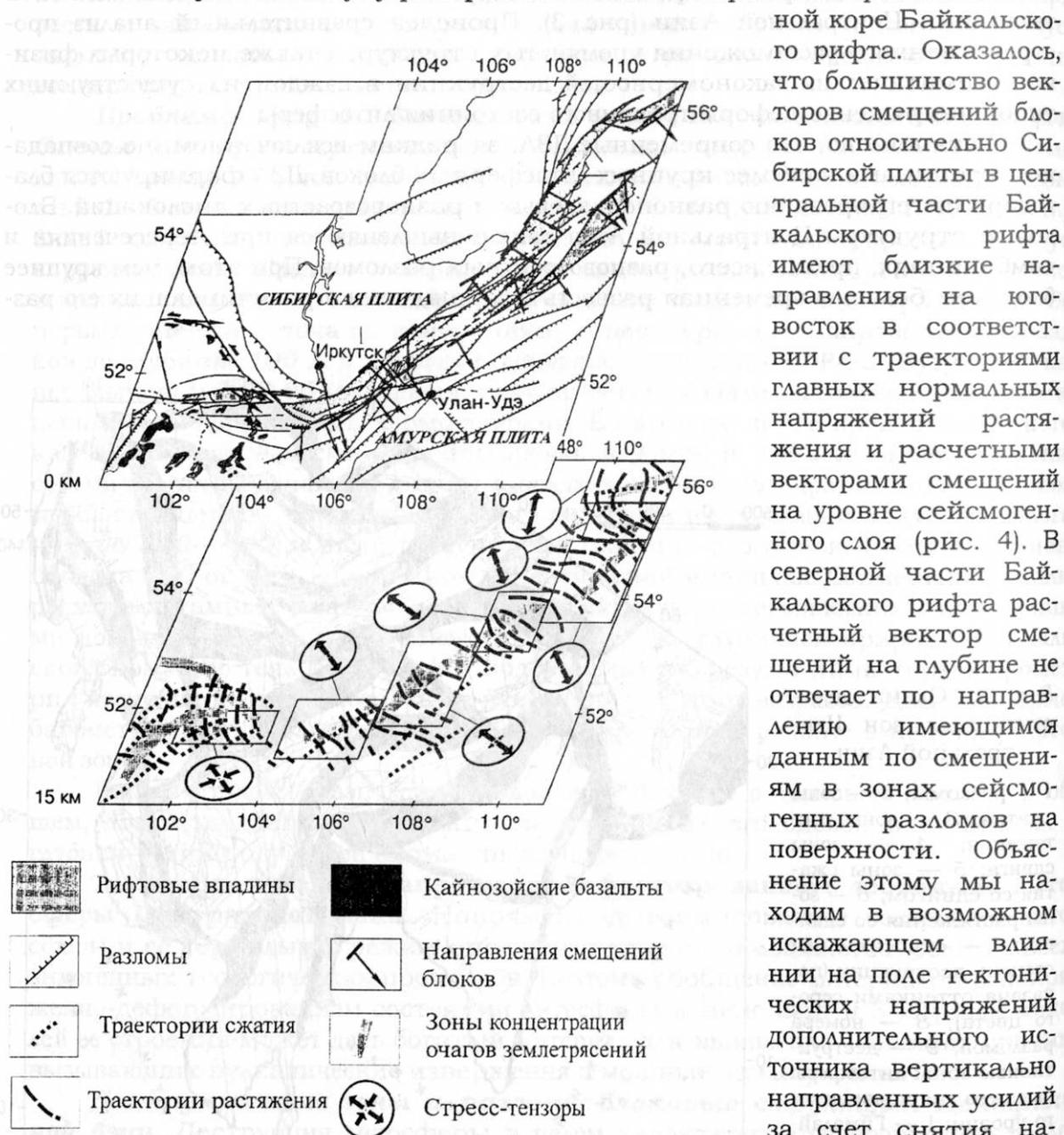


Рис. 4. Карта направлений голоценовых смещений блоков в Байкальской рифтовой зоне.

ной коре Байкальского рифта. Оказалось, что большинство векторов смещений блоков относительно Сибирской плиты в центральной части Байкальского рифта имеют близкие направления на юго-восток в соответствии с траекториями главных нормальных напряжений растяжения и расчетными векторами смещений на уровне сейсмогенного слоя (рис. 4). В северной части Байкальского рифта расчетный вектор смещений на глубине не отвечает по направлению имеющимся данным по смещениям в зонах сейсмогенных разломов на поверхности. Объяснение этому мы находим в возможном искажающем влиянии на поле тектонических напряжений дополнительного источника вертикально направленных усилий за счет снятия нагрузки при таянии ледника, занимавшего

го северную часть Баргузинского хребта в позднем плейстоцене. Для юго-западного фланга Байкальской рифтовой зоны получен принципиально иной тип тензора поля напряжений — сдвиговый. Изменение типа поля напряжений в этом районе по отношению к центральной части Байкальского рифта связывается с влиянием сжатия со стороны зоны Индо-Азиатской коллизии.

**Оценка локальных гравитационных тектонических напряжений в Байкальском регионе.** Оценка локальных гравитационных тектонических напряжений основана на расчетах геостатического давления от нагрузок рельефа и аномальных масс верхней коры, обусловленных ее вещественно-плотностной неоднородностью. Построение гравитационных моделей литосферы базируется на концепции изостатического распределения масс. Алгоритм вычислений предусматривает получение поправок за компенсацию как топографических масс, так и масс, обусловленных латеральной плотностной неоднородностью земной коры.

Расчеты геостатического давления от нагрузок рельефа и аномальных масс верхней коры дают возможность перейти к численным оценкам напряженного состояния верхней коры (локальные гравитационные тектонические напряжения). В представленной модели напряжения рассчитаны как разность между максимальным и минимальным давлениями на глубине **15 км** от уровня моря в окне **30×30 км**. Для Байкальского региона максимальные напряжения в нашей модели достигают **15–30 МПа**, в исключительных случаях — более **40 МПа** (рис. 5).

**Численное моделирование напряженно-деформированного состояния земной коры Байкальского региона.** Разработана модель, учитывающая блочную структуру земной коры Байкальского региона, упругие параметры и плотность среды, а также степень ослабленности тектонических разломов. Основой для построения модели явились карты разломно-блоковых структур и их

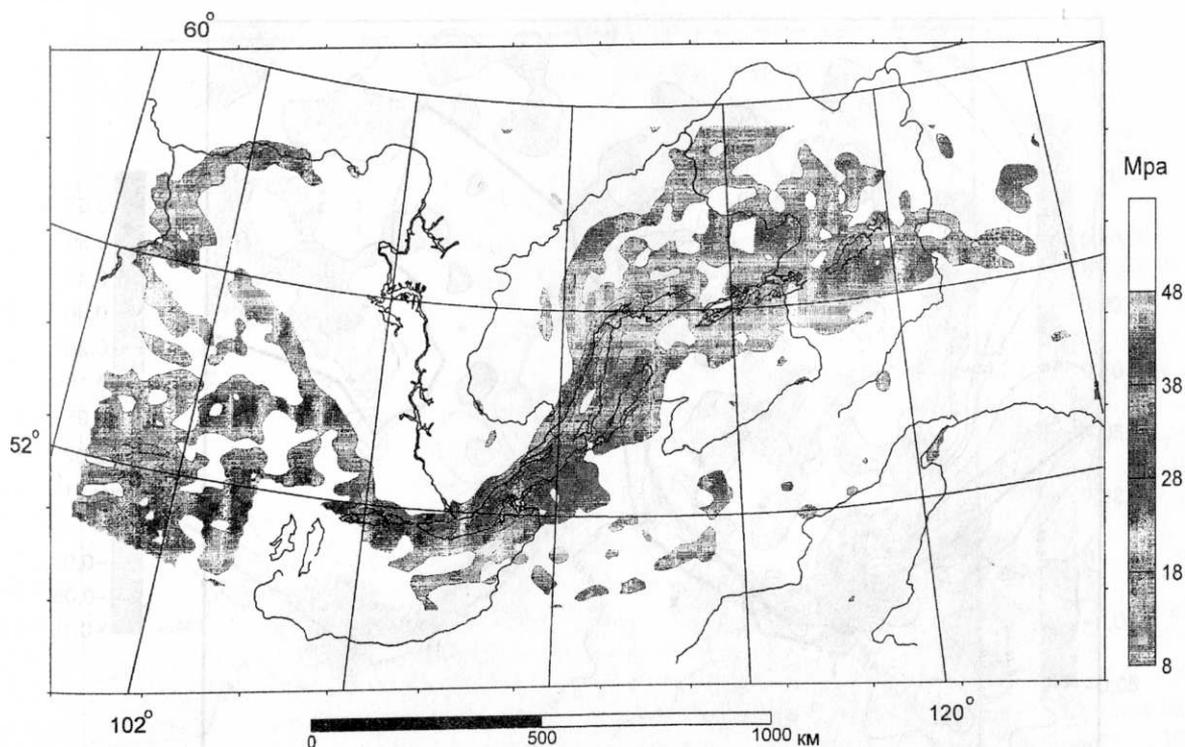


Рис. 5. Максимальные напряжения в верхней коре (более 8 МПа), вызванные аномальным распределением.

стабильности для юга Восточной Сибири. Сведения об осредненных упругих параметрах пород, слагающих земную кору Сибирской платформы и остальной части, определялись по данным о средних значениях скоростей продольных и поперечных сейсмических волн в земной коре этих регионов. Модель включает около 160 блоковых структур, ограниченных разломами, имеющими различную нормальную и касательную жесткость. В зависимости от типа разломов (трансрегиональные, региональные, локальные), степени их активизации и степени нестабильности блоковых структур, которые эти разломы ограничивают, им присваивались различные значения жесткости.

Задачей этого раздела являлось изучение с помощью математического моделирования методом конечных элементов особенностей кинематики раскрытия Байкальского рифта в зависимости от типа сил, прикладываемых на границах региона: в одном случае в большей степени отвечающих условиям активного, в другом — пассивного рифтогенеза.

Выполненные варианты расчетов показали, что действием сил Индо-Евразийской коллизии для достаточно широкого диапазона меняющихся граничных условий можно объяснить раскрытие Южно-Байкальской впадины. Для более узкого диапазона граничных условий действием этого же источника можно объяснить и раскрытие Северо-Байкальской впадины. Однако, практически для всего диапазона опробованных граничных условий не удалось получить раскрытия впадин северо-восточного фланга Байкальского рифта: Верхнеангарской, Муйской и Чарской. Явное раскрытие для этого района возникает при варианте граничных условий, который в большей степени отвечает активному рифтогенезу с приложением растягивающих усилий к расчетной области в направлении NW—SE.

Таким образом, моделирование кинематики раскрытия Байкальского рифта указывает на данном этапе на необходимость включения в модель источников, обусловленных активным рифтогенезом. Рис. 6 и 7 демонстрируют

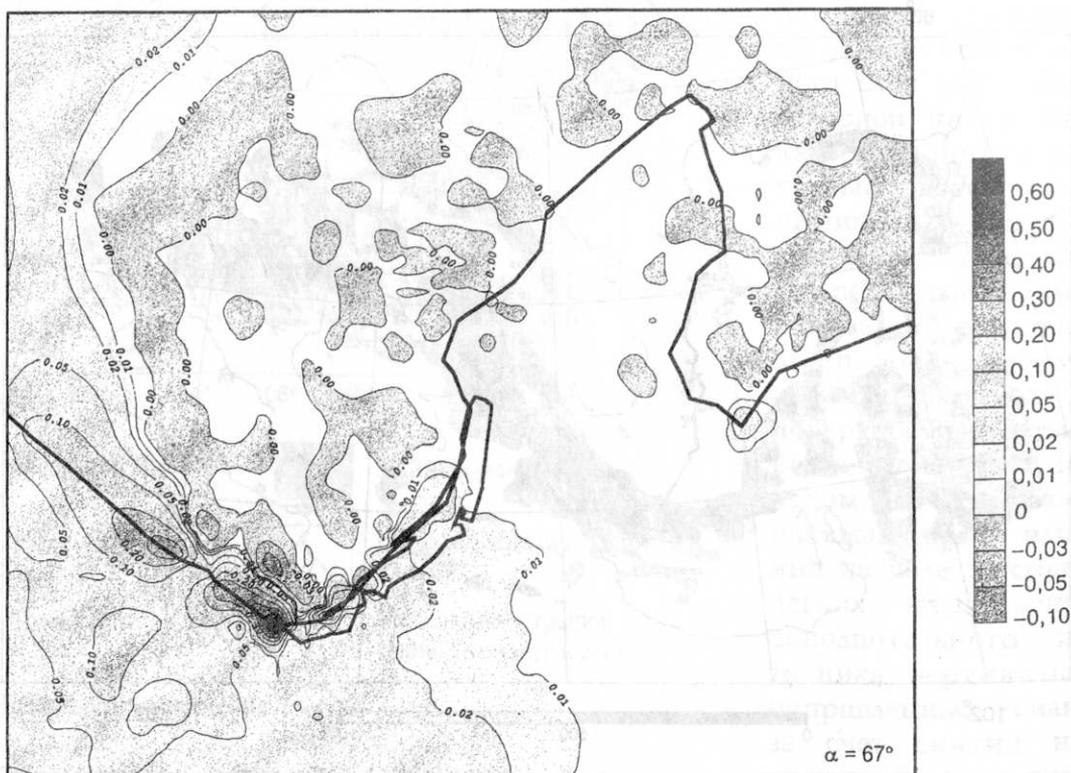


Рис. 6. Распределение главной деформации  $\epsilon_1$  (пассивный рифтинг).

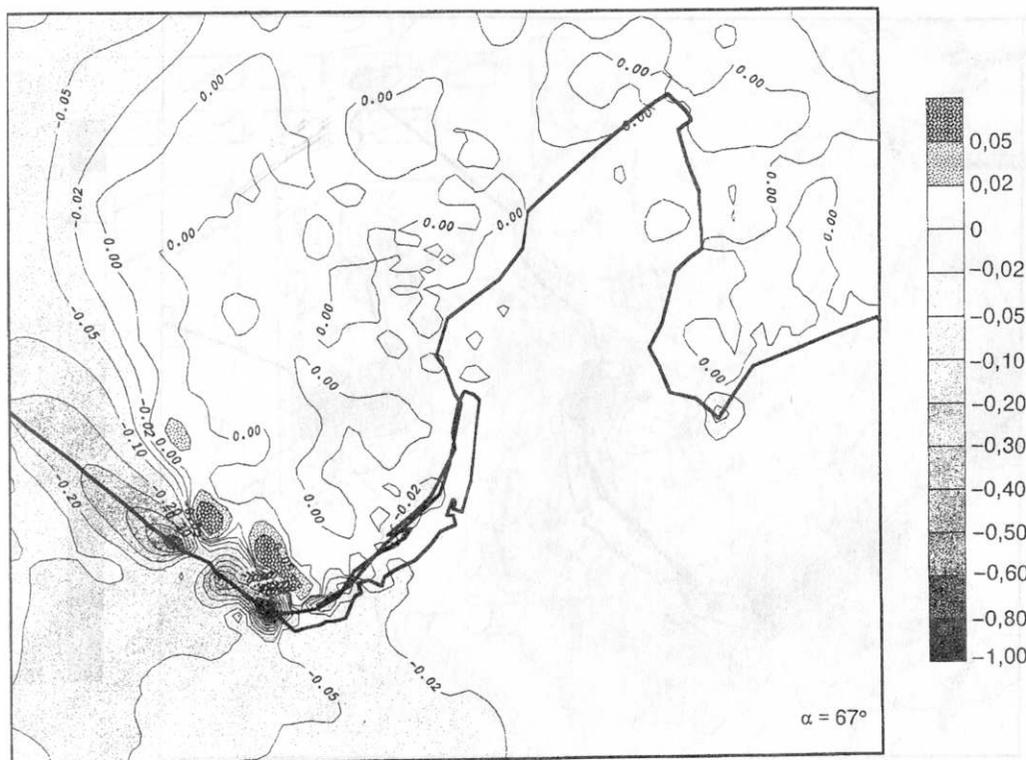


Рис. 7. Распределение главной деформации  $\epsilon_2$  (пассивный рифтинг).

распределение главных деформаций для случая пассивного, а рис. 8 и 9 — для случая активного рифтогенеза. Разработанная модель позволяет проводить более детальное и глубокое изучение различных вопросов развития рифтовых областей, в том числе и в рамках вязкоупругих и упругопластических задач.

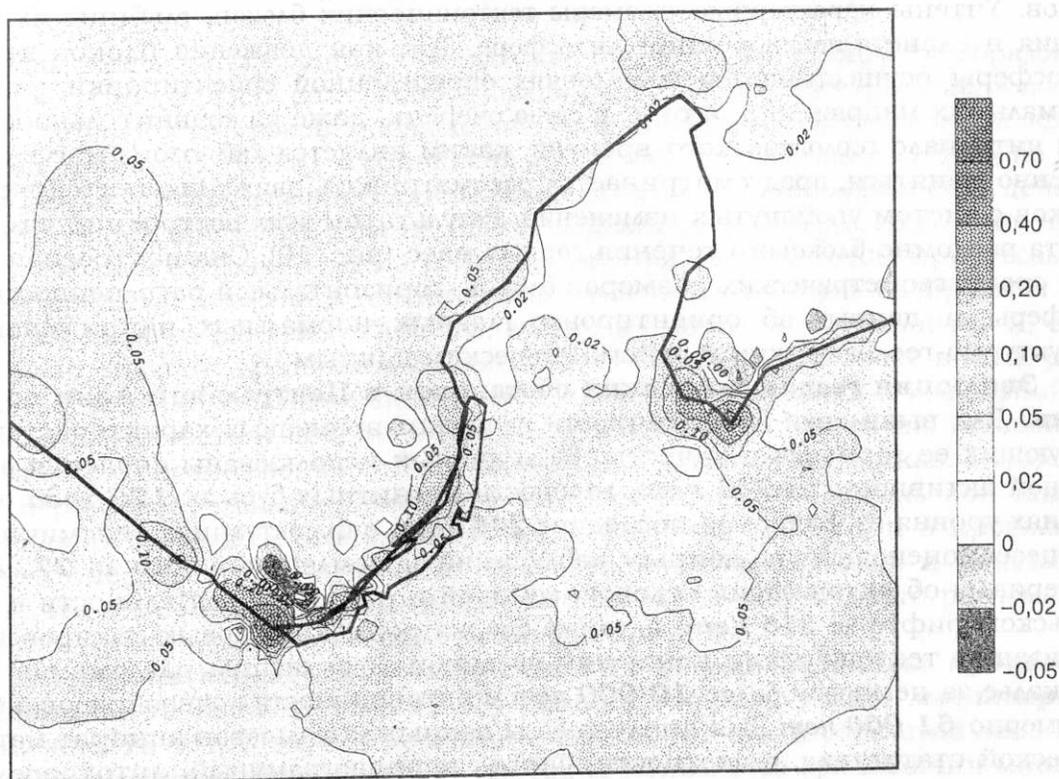


Рис. 8. Распределение главной деформации  $\epsilon_1$  (активный рифтинг).

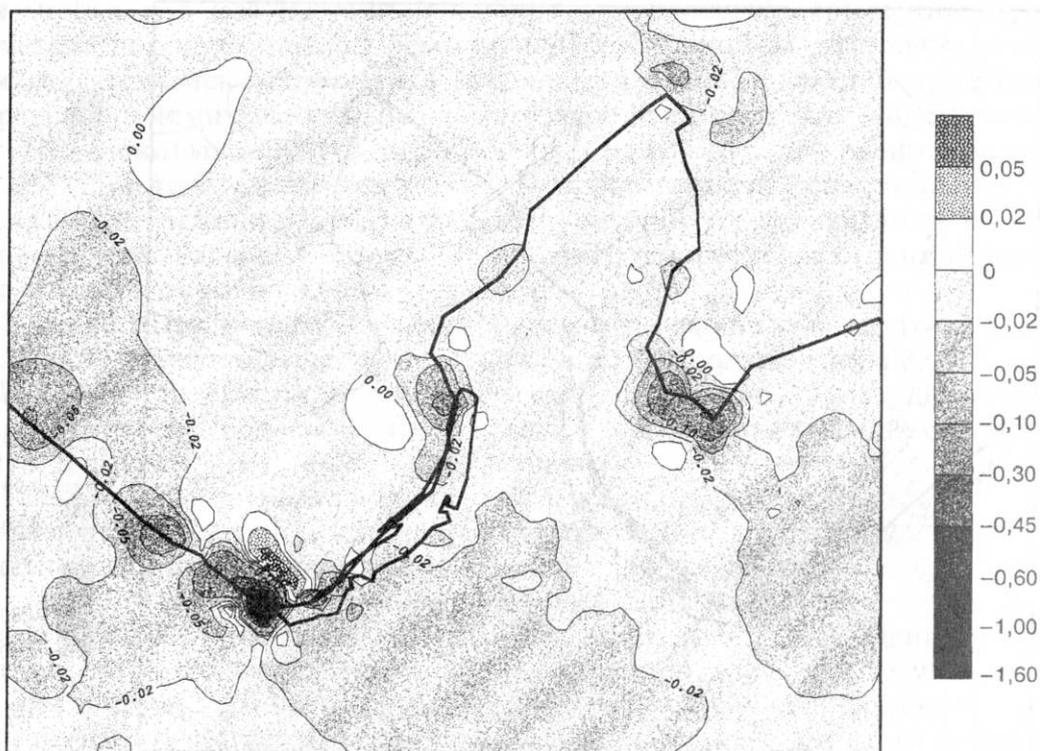


Рис. 9. Распределение главной деформации  $\epsilon_2$  (активный рифтинг).

**Кинематический анализ пространственного перемещения блоков в реологически расслоенной литосфере.** Кинематический анализ пространственно-временного перемещения блоков осуществлен на основе структурно-геологических данных о характере тектонических перемещений в крыльях разломов. Учтены характерные размеры тектонических блоков, глубины их заложения в слоисто-неоднородной литосфере. Так как движения блоков коры и литосферы осуществляются в условиях определенной ориентировки главных нормальных напряжений, а они, в свою очередь, даже на сравнительно коротком интервале геологического времени, каким является кайнозой, могут существенно меняться, предусматривается рассматривать движения тектонических блоков с учетом упомянутых изменений. Результатом этих построений является карта разломно-блокового течения горных масс (рис. 10). Она построена с учетом среднегеометрических размеров блоков, горизонтальной расслоенности литосферы и данных об ориентировке главных нормальных напряжений по структурно-геологическим и сейсмологическим данным.

**Эволюция геодинамических обстановок в Центральной Азии во времени.** Для выявления периодичности и оценки временных характеристик образующих ее гармоник в качестве базы данных использованы сведения о солнечной активности за **246 лет**, мощности магнитных бурь за **122 года**, колебаниях уровня оз. Байкал за последние **246 лет**, о флюктуациях сейсмического процесса, оцененного по данным наблюдений за землетрясениями за **272 года**, материалы об активизации селевой, осыпной и обвальной деятельности в Байкальском рифте за **316 лет**, а также сводка радиоуглеродных датировок активизации тектонических движений по главным активным разломам в Прибайкалье за немногим более **10 000 лет** и интенсивности почвообразования за примерно **51 000 лет**. Для анализа базы данных использован аппарат математической статистики, в частности, Фурье-, периодограммный, автокорреляционный и спектральный анализы, позволившие выявить достаточно четкие ин-

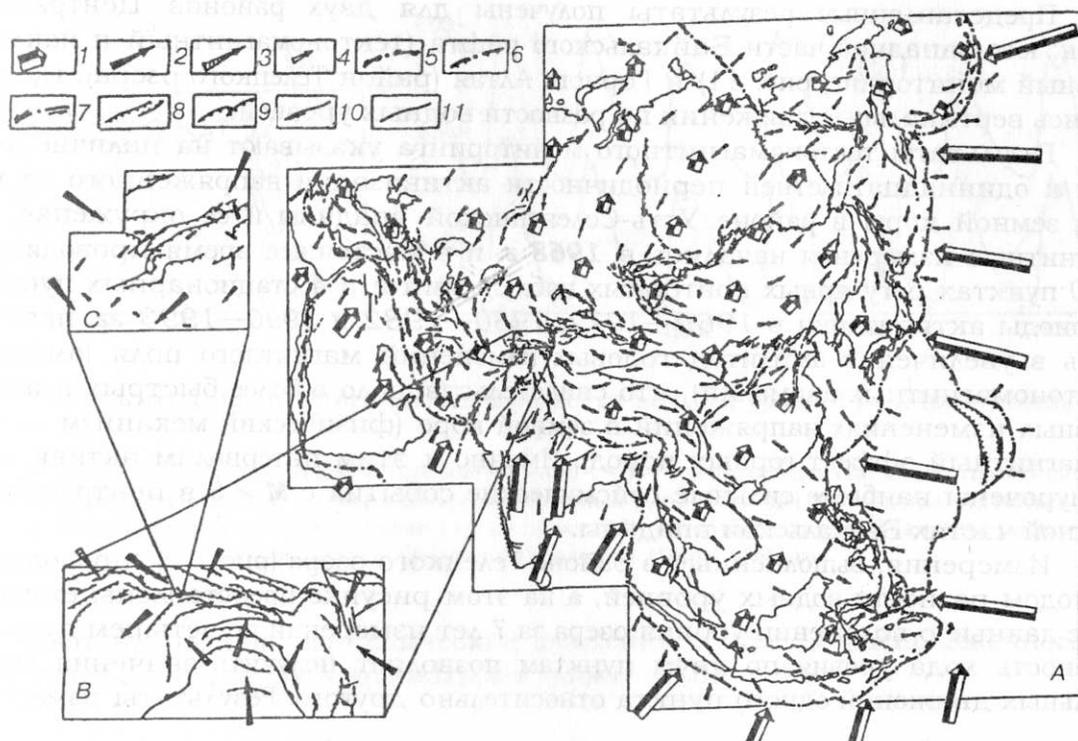


Рис. 10. Схема разломно-блокового течения горных масс литосферы Центральной Азии (А), то же для корового (В) и верхнекорового (С) слоев Тянь-Шаня — Гармский геодинамический полигон.

1—4 — векторы горизонтального перемещения литосферных блоков разных иерархических уровней (1 — литосферных плит, 2 — мегаблоков литосферы, 3 — блоков коры, 4 — блоков верхней части коры); 5—7 — межплитные границы (5 — дивергентные, 6 — конвергентные, 7 — трансформные); 8—11 — активные разломы Азии (8 — сбросы, 9 — взбросы и надвиги, 10 — сдвиги, 11 — с неустановленным типом перемещений).

тервалы времени, в течение которых, как мы полагаем, каким-то образом менялась интенсивность разломообразования и тектонических процессов вообще. Из-за короткости сроков наблюдений за проявлением сейсмичности, колебаниями уровня оз. Байкал в сравнении с продолжительностью голоцена не представляется возможным проследить синфазность или противофазность действия тех или иных процессов. Тем не менее, выявляемые периоды, вероятно, присущи не только упомянутым, но и многим другим геологическим процессам. Радиоуглеродные датировки геологических событий в голоцене базируются главным образом на анализах образцов, взятых из почвенных горизонтов и, следовательно, являются реперами климатических изменений. В то же время, региональный климат во многом зависит от проявления тектоники и изменений солнечной активности и, в свою очередь, провоцирует активизацию селевой деятельности и, возможно, контролирует колебания уровня оз. Байкал. Подмечено, что периоды повышенной сейсмической активности в Байкальской впадине совпадают с высоким стоянием уровня озера. Если так было и в прошлом, то можно опереться на полученные при анализе периодограммы и констатировать, что в периодичности активизации процессов современного разломообразования преобладают гармоника различной природы.

**Изучение периодичности проявления деформационных процессов в Центральной Азии по комплексу данных геофизического мониторинга.** Возможность получения информации о периодичности деформаций земной коры и изменений ее напряженного состояния появляется при наличии многолетних рядов непрерывных измерений.

Представленные результаты получены для двух районов Центральной Азии: юго-западной части Байкальского рифта (тектономагнитный и наклономерный мониторинг, рис. 11) и Горного Алтая (район Телецкого озера), где изучались вертикальные движения по разности водных уровней.

Результаты тектономагнитного мониторинга указывают на наличие близкой к одиннадцатилетней периодичности активизации напряженного состояния земной коры в районе Усть-Селенгинской впадины и ее окружения, где магнитные измерения начались в **1968 г.** и в настоящее время проводятся в 200 пунктах регулярных повторных наблюдений и в 4 стационарных пунктах. Периоды активизации в 1969—1972, 1980—1982 и 1990—1993 гг. проявлялись в увеличении амплитуд годовых изменений магнитного поля (амплитуд тектономагнитных аномалий), что свидетельствовало о более быстрых и интенсивных изменениях напряжений в земной коре (физический механизм — пьезомагнитный эффект горных пород). Именно к этим интервалам активизации приурочены наиболее сильные сейсмические события с  $M > 5$  в центральной и южной частях Байкальской впадины.

Измерения, выполненные в районе Телецкого озера (рис. 12), проводились методом разности водных уровней, а на этом рисунке представлены ежедневные данные о положении уровня озера за 7 лет измерений по четырем пунктам. Разность хода уровня по двум пунктам позволяет получить значения вертикальных движений одного пункта относительно другого. Результаты измерений

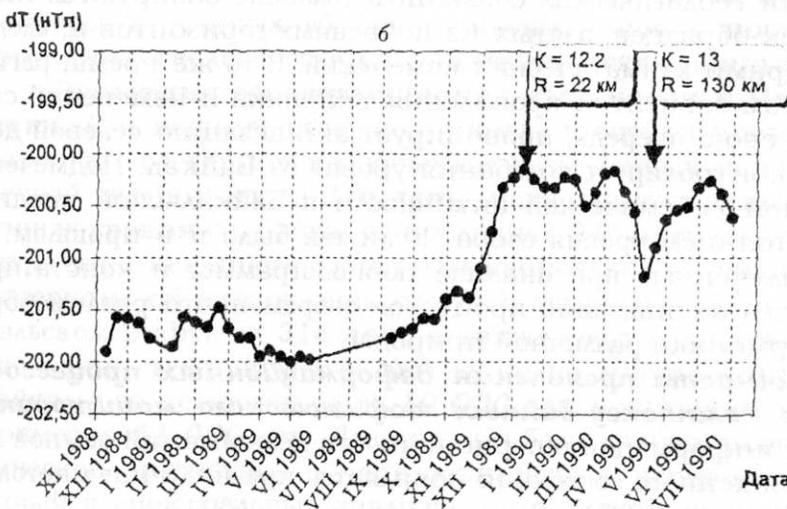
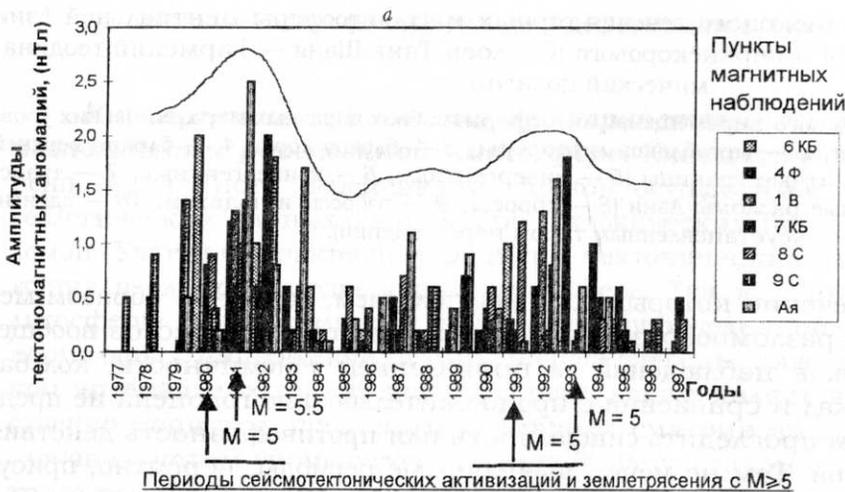


Рис. 11. Результаты тектономагнитного мониторинга в районе Усть-Селенгинской депрессии в периоды сейсмотектонической активности.

*a* — увеличение амплитуд тектономагнитных аномалий и землетрясения с  $M \geq 5$  в радиусе 100 км; *б* — изменение в магнитном поле, вызванное перераспределением напряженного состояния земной коры ( $dT$  между пунктами Быково и Энхалук с ноября 1988 по июль 1990 г.).

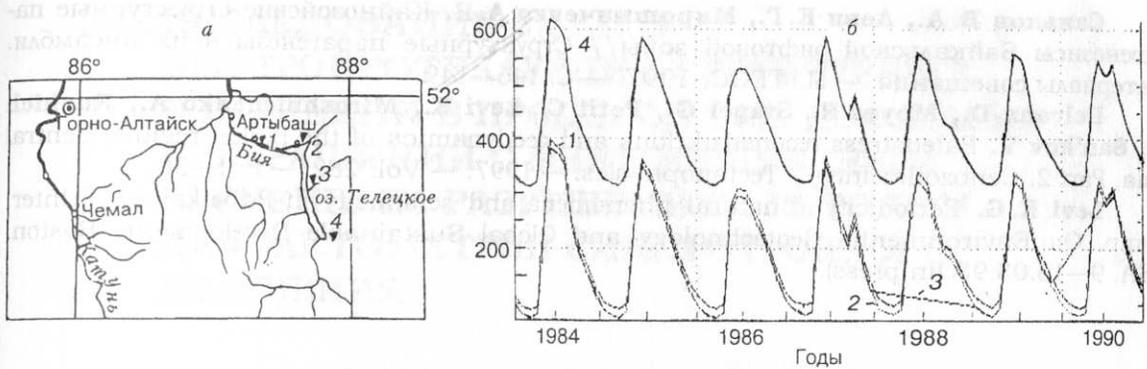


Рис. 12. Результаты мониторинга методом разности водных уровней в районе Телецкого озера.

а — расположение пунктов водомерных наблюдений (▼). Разлом северо-западного простирания проходит вблизи пункта 2; б — графики среднемесячных уровней воды по пунктам: Артыбаш (1), Яйло (2), Кокши (3) и Каргинский залив (4), по пункту (3) неполные данные. Значение уровней в сантиметрах. Период наблюдений 1984—1990 гг.

указывают на наличие периодических движений пункта 2, расположенного в зоне разлома, с периодом вертикальных движений более 7 лет.

#### Работы, опубликованные или направленные в печать в 1997 г.

**Гольмшток А. Я., Дучков А. Д., Хатчисон Д. и др.** Оценка теплового потока озера Байкал по сейсмическим данным о нижней границе слоя газогидратов. Геология и геофизика, 1997, № 10, с. 1677—1691.

**Дучков А. Д., Соколова Л. С. Балобаев В. Т. и др.** Тепловой поток и геотемпературное поле Сибири/ Геология и геофизика, 1997, т. 38, № 11, с. 1716—1729.

**Карта новейшей тектоники Северной Евразии.** М-б 1:5000000// Грачев А. Ф., Алискеров В. А., Варламов И. П., Вигинский В. А., Зайонц В. Н., Девяткин В. Е., Леви К. Г., Милетенко Н. В., Можаяев Б. Н., Мусатов Е. Е., Смирнов В. Н., Уломов В. И., Чедия О. К. — М., 1997.

**Леви К. Г., Аржанникова А. В., Буддо В. Ю., Кириллов П. Г., Лухнев А. В., Мирошниченко А. И., Ружич В. В., Саньков В. А.** Современная геодинамика Байкальско-го рифта // Разведка и охрана недр. — 1997. — № 1. — С. 10—20.

**Леви К. Г., Мац В. Д., Куснер Ю. С., Кириллов П. Г., Алакшин А. М., Толстов С. В., Осипов Э. Ю., Ефимова И. М., Бак С.** Постгляциальная тектоника в Байкальской рифте// Геология и геофизика. 1997. В печати.

**Леви К. Г., Мирошниченко А. И., Ружич В. В., Саньков В. А., Алакшин А. М., Кириллов П. Г., Лухнев А. В., Радзиминович Я. Б., Колман С. М.** Современное разломообразование в Байкальском рифте// Геотектоника. 1997. В печати.

**Леви К. Г., Ружич В. В., Алакшин А. М.** Сейсмические структуры литосферы, современное разломообразование и прогноз сейсмичности в Байкальском регионе// Геологическая среда и сейсмический процесс. Материалы Всероссийской межрегиональной конференции (2—5 сентября 1997). — Иркутск: Изд. ИЗК СО РАН, 1997. — С. 112—114.

**Лысак С. В., Дорофеева Р. П.** Геотермический режим верхних горизонтов земной коры в южных районах Восточной Сибири. Доклады АН, 1997, том 352, № 3, с. 405—409.

**Непрерывная запись** климатических изменений в отложениях озера Байкал за последние 5 миллионов лет/ Коллектив авторов. Геология и геофизика, 1998, № 2, с. 139—157.

**Ружич В. В., Леви К. Г., Дельянский Е. А., Смекалин О. П.** Оценка повторяемости сильных землетрясений Прибайкалья по материалам сейсмогеологических исследований// Геологическая среда и сейсмический процесс. Материалы Всероссийской межрегиональной конференции (2—5 сентября 1997). — Иркутск: Изд. ИЗК СО РАН, 1997. — С. 144—147.

**Саньков В. А., Левн К. Г., Мирошниченко А. И.** Кайнозойские структурные парагенезисы Байкальской рифтовой зоны // Структурные парагенезисы и их ансамбли. Материалы совещания. — М.: ГЕОС, 1997. — С. 146—149.

**Delvaux D., Moyes R., Stapel G., Petit C., Levi K., Miroshnichenko A., Ruzhich V., San'kov V.** Paleostress reconstructions and geodynamics of the Baikal region, Central Asia, Part 2. Cenozoik rifting // Tectonophysics. — 1997. — Vol. 282. — P. 1—38.

**Levi K. G.** Periodicity of natural phenomena and seismicity in Pribaikalye / 4 Inter. Symp. On Environmental Geotechnology and Global Sustainable Development. Boston, USA. 9—13.08.98 (in press).