

МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР –  
ГЕОДИНАМИЧЕСКИЙ ПОЛИГОН в г. БИШКЕКЕ  
НАУЧНАЯ СТАНЦИЯ РАН

**Современные проблемы геодинамики и  
геоэкологии внутриконтинентальных  
орогенов**

к 75-летию со дня рождения Ю.А.Трапезникова

МАТЕРИАЛЫ ДОКЛАДОВ

**Modern Problems of Geodynamics and  
Geoecology of Intracontinental Orogens**

dedicated to the 75th Anniversary of Yury A. Trapeznikov

PAPERS

*Пятый Международный симпозиум*

*Fifth International Symposium*

**Том 2  
Volume 2**

**Москва - Бишкек  
2012**

**УДК 550.34**

**ББК 26.3**

**C56**

Ответственные редакторы: М.Г. Леонов, Н.В. Шаров

Редакционная коллегия: А.К. Рыбин, Е.А. Баталева, В.Д. Брагин, А.С. Закупин,  
П.В.Ильичев, С.И. Кузиков, В.А. Мухамадеева

**C56 Современные проблемы геодинамики и геоэкологии**

**внутриконтинентальных орогенов:** Материалы 5 Междунар. симпозиума, г.

Бишкек, 19 - 24 июня 2011 г. В 2 т. Т 2. - Бишкек: НС РАН, 2012.-297 с.

ISBN 978-9967-12-219-2

В сборник включены материалы 5-го Международного Симпозиума «Современные проблемы геодинамики и геоэкологии внутриконтинентальных орогенов», который был проведен в г. Бишкеке на базе Международного научно-исследовательского центра – геодинамического полигона (МНИЦ-ГП) и Научной станции РАН. Участниками Симпозиума были широко представлены материалы, охватывающие основные направления исследований в области современной геодинамики, геофизического и сейсмического мониторинга, оценки сейсмического риска и экологии. Материалы сборника представляют интерес для научных сотрудников, аспирантов и специалистов по геологии, геофизике, геомеханике и экологии.

The Book contains papers presented at the Fifth International Symposium «Modern Problems of Geodynamics and Geoecology of Intracontinental Orogens» held in Bishkek on the base of the International Research Center - Geodynamic Proving Ground (IRC-GPG) and the Research Station RAS. Participants of the Symposium presented their papers covering the major areas of research in modern geodynamics, geophysical and seismic monitoring, assessment of seismic risk and ecology. The Book will be interesting for researchers, post-graduate students and experts in geology, geophysics, geomechanics and ecology.

Технический редактор: Дудинских Е.Ю.  
Матюков В.Е.

Утверждено к печати Ученым советом  
Научной станции РАН в г. Бишкеке

C 1804030000-12

ISBN 978-9967-12-219-2

**УДК 550.34**

**ББК 26.3**

©Международный научно-исследовательский  
центр - геодинамический полигон в г.Бишкеке

© Коллектив авторов, 2012

## ОСОБЕННОСТИ ГЛУБИННОЙ СТРУКТУРЫ ДЕПРЕССИОННЫХ ОБЛАСТЕЙ ЦЕНТРАЛЬНОГО ТЯНЬ-ШАНЯ

**Макаров В.И.<sup>1</sup>, Рыбин А.К.<sup>2</sup>, Матюков В.Е.<sup>2</sup>, Пушкарев П.Ю.<sup>3</sup>, Щербина Ф.А.<sup>3</sup>**

e-mail: rybin@gdirc.ru

<sup>1</sup>Институт геоэкологии РАН, г. Москва, Россия

<sup>2</sup>Научная станция Российской академии наук в г. Бишкеке, Кыргызстан

<sup>3</sup>Московский государственный университет, г. Москва, Россия

*Представлены первые результаты детального изучения структурных и геодинамических особенностей горных впадин Центрального Тянь-Шаня. Показано, что Нарыно-Атбашинская система межгорных впадин проявляется в сейсмических и геоэлектрических структурах средней и нижней коры, а также верхней мантии. Рассмотрены результаты 3D - моделирования электромагнитных полей для Иссык-Кульской впадины.*

*Ключевые слова: новейшая тектоника, геодинамика, геофизика, Тянь-Шань, горные впадины.*

**Введение.** В рамках концепции тектонической (структурно-геодинамической) расслоенности литосферы развивается представление о том, что горные впадины Тянь-Шаня различаются не только по своим внешним параметрам (высоте нахождения, размерам, мощности выполняющих их отложений), но и по своей природе, отражая разные геодинамические условия своего развития [7, 6, 5]. По этой причине горные впадины можно разделить на две категории: (1) межгорные и предгорные и (2) внутригорные. Они существенно различаются, прежде всего, по глубине заложения. Такие представления, связанные с особенностями глубинного строения горных впадин Тянь-Шаня, нуждаются в обстоятельном геофизическом обосновании. Первые шаги на пути исследования геофизических «образов» глубинной структуры депрессионных областей Центрального Тянь-Шаня и возможной их взаимосвязи с параметрами структурных рельефообразующих форм рассматриваются и обсуждаются в данной статье. Системы межгорных прогибов Центрального Тянь-Шаня в статье представлены Нарыно-Атбашинской и Иссык-Кульской впадинами.

**О глубинности горных впадин Тянь-Шаня.** Важнейшей особенностью орогенических форм деформаций земной коры является их глубинность. Поэтому остановимся на глубинных аспектах формирования и дифференциации горных впадин Тянь-Шаня. Как показывают геолого-геофизические, сейсмические и сейсмологические материалы выполненных исследований Тянь-Шаня, складки основания разных порядков охватывают не только и не столько отложения орогенического комплекса, но и большие объемы всех более древних формаций и более глубоких слоев коры, вплоть до верхней мантии [6].

К глубинным относятся все процессы и созданные ими формы, которые развиваются не только в верхней мантии, но и в разных слоях земной коры, недоступных непосредственному наблюдению и изучению. Такие процессы, а также соответствующие им структурные и вещественные преобразования осуществляются в результате как латерального взаимодействия литосферных плит, блоков и слоев, так и внутренних, присущих данной области, процессов преобразования и пространственного перераспределения (течения) вещества на разных уровнях литосферы (подъем горячей

астеносферы, формирование и подъем к коре аномальной мантии, разогрев, плавление, мигматизация, метаморфизм, вещественное преобразование и разуплотнение тяжелых основных пород в низах коры, наращивание коры, выплавленной из астеносферы базальтовой магмой и др.).

Глубинный тектогенез представлен большим разнообразием первичных процессов и форм, отличающихся по своему генезису, глубине нахождения и объему охваченных ими слоев литосферы. Они различны по времени заложения и активного развития, по механизмам трансляции и форме проявления в более высоких слоях и на земной поверхности [1, 2, 11].

Складки основания Тянь-Шаня и образованные ими зоны поднятий и впадин являются в основном деформациями верхней коры, распространяясь до глубин около 20 км. Практически они охватывают часть разреза, сложенную более или менее известными разновозрастными геологическими формациями. Это - гранитно-метаморфический и более высокие слои, которые в целом изогнуты конформно и могут рассматриваться как собственно тектонические деформационные образования.

Геометрия нижележащих слоев и границ литосферы иная. Так, подошва земной коры образует широкие волны с вертикальным размахом до 12-20 км. Они соответствуют неотектоническим формам более крупного ранга, но отражают их зеркально: системам поднятий отвечают прогибы подошвы земной коры, системам прогибов (межгорным и предгорным впадинам) - ее подъемы.

Резкая дисгармония рельефа верхнекоровых слоев относительно нижнекоровых и верхнемантийных реализуется за счет значительных изменений мощности и, следует полагать, иных характеристик слоев в средней и нижней частях коры. В одних районах это происходит на уровне "базальтового" слоя, в других - кровля и подошва этого слоя в общем конформны, а значительные изменения претерпевает среднекоровый слой. Такое положение глубинных слоев земной коры и верхней мантии отражает не только условия их субгоризонтального сжатия и деформации, но и иные процессы, которые связаны с вещественно-структурными преобразованиями и пространственным перераспределением (течением) глубинного вещества. Это - разупрочнение, полное или частичное плавление, метаморфизм и другие процессы, которые вызывают изменение объема и плотности вещества, его реологических свойств и создают условия для горизонтального и вертикального течения этого вещества.

Все эти обстоятельства указывают на существенную роль глубинных тектономагматических процессов в формировании крупнейших структурных элементов Тянь-Шаня - межгорных и предгорных впадин. При этом принципиально важное место занимают процессы вещественного преобразования и пространственного перераспределения (течения) вещества, происходящие дифференцированно и вместе с тем согласованно на разных уровнях литосферы, в том числе, на разных уровнях земной коры, включая самый верхний (покровно-складчатый и гранитно-метаморфический).

Решение проблемы геодинамических условий и механизмов формирования новейшей тектонической структуры Тянь-Шаня, реально наблюдаемой в верхнекоровом слое, видится в неизбежности признания большой роли процессов вещественно-структурных преобразований и течения вещества, происходящих на разных глубинных уровнях земной коры и верхней мантии. Такого рода геодинамические представления для Центрального Тянь-Шаня были предложены в работах [8, 6, 10] и для Западного Тянь-Шаня - [4, 3]. Их суть состоит в том, что в ослабленной (по Е.В.Артюшкову [1, 14]) литосфере Тянь-Шаня на разных её уровнях, в том числе в разных слоях земной коры (особенно нижних), происходят значительные вещественные и реологические преобразования и пространственное перераспределение (течение) материала. Это перераспределение дифференцировано и характеризуется общим подтоком относительно менее плотного верхнемантийного материала под межгорные и предгорные прогибы

и оттоком из-под них материала средне- и нижнекоровых (гранулит-базитовых) слоев, что сопровождается утонением коры с глубоким опусканием её верхнекорового слоя (поверхности древнего основания) с накоплением мощных толщ отложений новейшего орогенического комплекса. Одновременное нагнетание материала под смежные пространства сопровождается утолщением коры и общим воздыманием древнего основания в их пределах, коими и являются системы поднятий. Такие представления находят свое отражение в концептуальной модели геолого-геофизического разреза земной коры и верхов мантии, отвечающего поперечному сечению через центральный сегмент Тянь-Шаня (рис. 1). Отметим, что Нарыно-Атбашинская система межгорных впадин, выделенная на рис. 1 прямоугольным контуром, вполне определенно проявляется в структурах средней и нижней коры, а также верхней мантии. На рисунке ей соответствует область с утоненной земной корой и менее высокоскоростной (аномальной) литосферной мантией.



Рис. 1. Принципиальный геолого-геофизический разрез земной коры Центрального Тянь-Шаня [8, 10]: 1 - отложения новейшего орогенического комплекса, маркирующие новейшие впадины; 2 - отложения эпикаледонского и эпигерцинского орогенических комплексов; 3 - верхнекоровый слой: осадочно-метаморфический складчато-покровный (а) и кристаллический гранитно-метаморфический (б); 4 - среднекоровый переходный («инверсионный») слой хрупких и пластических деформаций со срывом вышележащих структур, с линзами и горизонтами тектонического разупрочнения, возможного частичного плавления и течения вещества; 5 - нижнекоровый слой преимущественно основного состава с преимущественным развитием пластических деформаций и течения вещества; 6 - кровля верхней мантии с различной плотностью вещества, охарактеризованной скоростями сейсмических волн  $V_p$  в км/сек; 7 - неотектонические разломы; 8 – высокоградиентные глубинные зоны; 9 – основная направленность течения глубинного вещества; 10 - направление возможных смещений и течения вещества из-за плотностных неоднородностей на наклонных границах подошвы земной коры. Прямоугольным контуром выделена область Нарыно-Атбашинской системы межгорных впадин.

**Комплексный сейсмический и геоэлектрический (МТЗ) разрезы по геотраверсу MANAS.** Попытаемся ответить на вопрос, как представленные выше концептуальные представления согласуются с экспериментальными материалами геолого-геофизических наблюдений, выполненными на территории Центрального Тянь-Шаня. Для этого рассмотрим результаты выполненного в 2007 г. детального сейсмического профилирования методом МОВ-ОГТ Центрального Тянь-Шаня и сопряженных с ним структурно-геологических, сейсмологических и магнитотеллурических исследований, «просветивших» его до глубин около 80 км по геотраверсу MANAS на отрезке от оз. Сонкель в его срединной части до широкой зоны сочленения с краевой областью Таримского массива [15, 9].

На рис. 2 (верхняя панель) представлен «сшитый» (без субширотных участков) комплексный сейсмический разрез по спрямлённой линии профиля MANAS, объединяющий в согласованном масштабе результаты обработки сейсмических данных профиля по трем методам: МОВ-ОГТ, методом сейсмической томографии и методом обменных волн землетрясений (МОВЗ). Структура сейсмического разреза МОВ-ОГТ, охватывающая глубины до 80 км, выражена различиями отражательной и рассеивающей (дифрактообразующей) способности среды, положением рефлекторов и дифракторов, степенью насыщенности ими волновых полей, что проявляется в сейсмической «мутности» среды. Анализ разрезов МОВ-ОГТ с позиции распределения параметра сейсмической мутности является на сегодняшний день нетрадиционным подходом, дающим новые результаты по вещественно-структурной дифференциации кристаллической коры и верхней мантии.

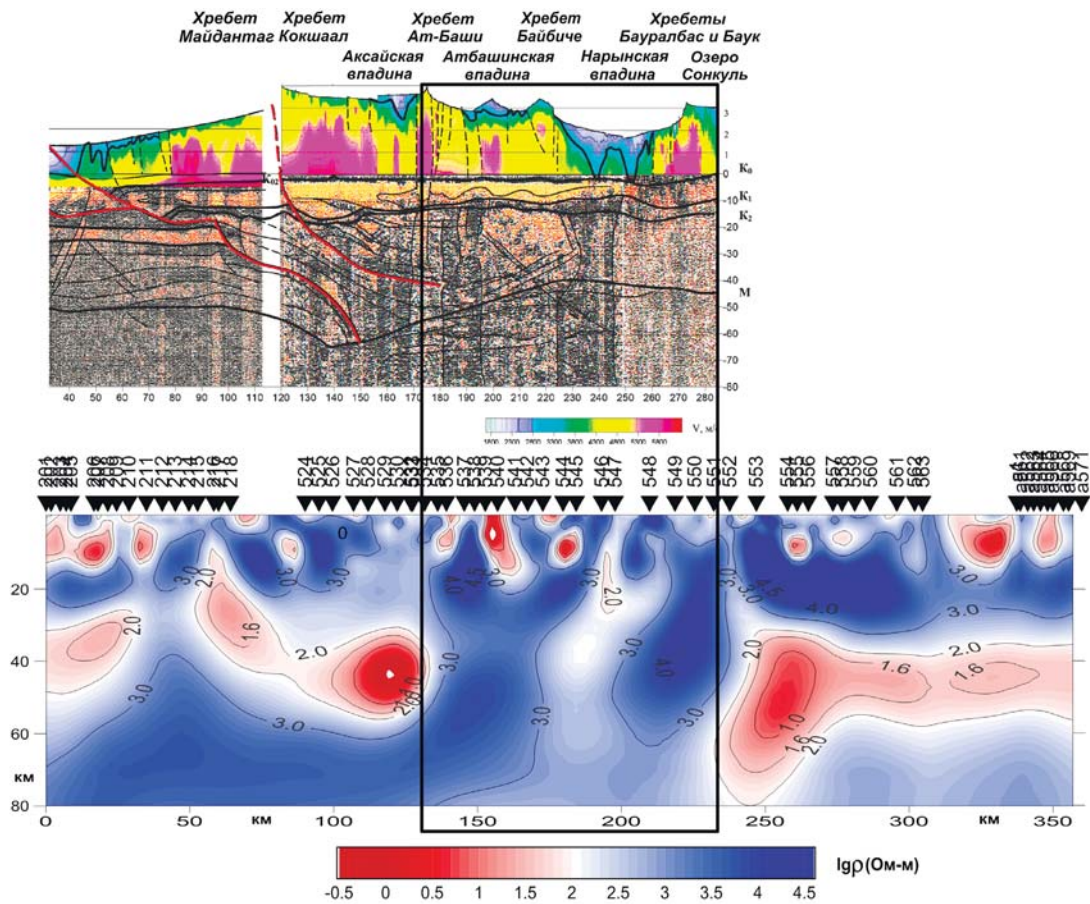


Рис. 2. Сопоставление сейсмического разреза МОВ-ОГТ по [Макарову и др., 2010] (вверху) и геоэлектрического разреза МТЗ (внизу) в согласованном горизонтальном масштабе. Белыми линиями на разрезе МТЗ околтурены проводящие зоны с удельным сопротивлением < 100 Ом·м. Прямоугольным контуром выделены фрагменты разрезов, отвечающие области Нарыно-Атбашинской системы межгорных впадин.

Построенный сейсмический разрез (верхняя панель рис. 2) имеет сложную гетерогенную структуру, определяемую как очевидной горизонтальной расслоенностью земной коры, так и пересечением горизонтально-слоистой среды вертикальными и наклонными деструктивными зонами. Из анализа разреза следует, что горный пояс в целом и зоны его сочленения с обрамляющими платформенными массивами имеют верхнемантийные, может быть, астеносферные корни. Верхний слой земной коры, который

сложен достаточно известными покровно-складчатыми и гранитно-метаморфическими комплексами (древнее основание) и на неотектоническом этапе смят в закономерно чередующиеся положительные и отрицательные складки основания (они образуют, соответственно, хребты и впадины), распространяется до первого регионального волновода, фиксированного на глубинах до 10-17 км. К складкам основания этого (элементарного) ранга относятся и внутригорные впадины.

Среднекорový слой, отмеченный в сейсмическом разрезе и имеющий относительно малую толщину, играет, очевидно, существенную роль в структуре тектонических дислокаций, в том числе в формировании субгоризонтальных срывов, которые компенсируют вещественно-структурную, реологическую и геодинамическую дисгармонию верхне- и нижнекорových слоев и являются одним из проявлений тектонической расслоенности земной коры [11].

Нижнекорový слой, изменяющийся по толщине, но в целом существенно более мощный, также характеризуется вертикальной и латеральной изменчивостью своей внутренней структуры вдоль трассы сейсмического профиля (поперёк Тянь-Шаня). При этом отметим относительную однородность этого слоя под Срединно-Тяньшанской (Молдотау-Терской) и Южно-Тяньшанской (Кокшаалтауской) системами поднятий и его высокую дифференцированность (пестроту рисунка) под Нарыно-Атбашинской системой межгорных впадин. Следует полагать, что эта дифференцированность отражает некоторую специфику состояния среды этой области. Здесь обращает на себя внимание вертикальная полосчатость разреза МОВ-ОГТ, которая отражает латеральную неоднородность нижнекорového слоя, а также верхов мантийной литосферы. При этом самые широкие колонны сейсмически наиболее «мутных» (возможно, наиболее разупрочнённых) сред, уходящие в мантийную часть разреза, соответствуют именно этим впадинам. По поводу природы этих колонн высказано предположение, что они отражают области (каналы) высокой интенсивности глубинных флюидно-газовых и тепловых потоков, которые в значительной мере обеспечивают вещественно-структурные трансформации и течение вещества в различных слоях литосферы. К этому добавим, что сейсмическое профилирование подтвердило установленный ранее другими исследователями и другими методами вывод о подъёме кровли верхней мантии в этой области (наибольшем, до уровня -40 км, под самой глубокой Нарынской впадиной).

Проведем сравнительный анализ сейсмического и геоэлектрического разрезов по всей длине выполненных профилей МОВ-ОГТ и МТЗ [12, 13]. На рис. 2 в согласованных горизонтальном и вертикальном масштабах показаны комплексный сейсмический разрез и разрез двумерной геоэлектрической модели профиля. Горизонтальная координата геоэлектрического разреза отвечает меридиональному направлению, поэтому для сравнительного анализа выбирались фрагменты временного разреза, соответствующие участкам сейсмического профиля с азимутом, близким к меридиональному направлению.

С позиции региональной расслоенности результаты геоэлектрики в большей мере демонстрируют присутствие горизонтальных (субгоризонтальных) проводящих слоев (пластин) в диапазоне глубин 20-60 км. Отдельно следует рассматривать геоэлектрический разрез центральной части профиля под Нарыно-Атбашинской системой межгорных впадин, где отмечается сложная картина чередования резко дифференцированных по проводимости вертикальных структур, достигающих своими корнями глубин подошвы нижней коры. И это согласуется с пестротой рисунка сейсмического разреза в этой части профиля.

На сейсмическом разрезе преобладают крутонаклонные структуры и границы, отражающие тонкую структуру распределения неоднородностей в земной коре. В методе МТЗ такие неоднородности сглаживаются в получаемом отклике из-за диффузного распространения зондирующего электромагнитного поля в Земле, т.е. метод МОВ-ОГТ и метод МТЗ по разному «чувствуют» геометрию структурных особенностей земной коры.

Из визуального анализа рис. 2 следует, что в целом на качественном уровне проявляется корреляция отражательных свойств среды с ее электрическими характеристиками – так, «мутным» областям с повышенной плотностью рефлекторов отвечают проводящие области в геоэлектрической модели. Наиболее отчетливо такое соответствие проявляется для наклонных и субвертикальных проводящих структур в средней-нижней коре в районе Нарынской впадины. Более сложная картина распределения электрических и сейсмических неоднородностей, а также их взаимоотношений наблюдается в остальных частях МТ-профиля.

Тонкая расслоенность земной коры более отчетливо видна в данных ОГТ по сравнению с магнитотеллурическим откликом, где присутствуют сглаживающие эффекты вследствие диффузного распространения зондирующего электромагнитного поля в Земле. Таким образом, каждый из методов решает свои задачи и соответственно оба метода по-разному описывают неоднородную структуру земной коры и верхней мантии. Совместное применение методов дает возможность исследователю получить взаимодополняющую информацию об изучаемых объектах геосреды.

Рассмотренное распределение сейсмических и геоэлектрических неоднородностей в сечении геотраверса MANAS и их возможное геолого-физическое истолкование подтверждают вывод о существенной роли процессов вещественного преобразования и пространственного перераспределения (течения) вещества, происходящие на разных уровнях литосферы Центрального Тянь-Шаня.

**Построение схематизированной 3D-геоэлектрической модели Иссyk-Кульской впадины.** Рассмотрим предварительные результаты построения геофизического «образа» глубинной структуры для другого объекта наших исследований – межгорной Иссyk-Кульской впадины. В условиях профильной стратегии глубинных электромагнитных исследований Тянь-Шаньского региона и, в частности, территории Иссyk-Кульской впадины, важным элементом является оценка и учет возможных 3D-эффектов. В первой серии модельных экспериментов нами была построена упрощённая трёхмерная геоэлектрическая модель района Иссyk-Кульской впадины, охватывающая диапазон коровых и верхнемантийных глубин. В дальнейшем планируется постепенное усложнение этой модели как на основе учёта детальных геолого-геофизических данных, так и на основе сопоставления модельных и наблюдаемых МТ-данных и минимизации их невязки.

Рассматриваемая модель (рис. 3) включает фоновый четырёхслойный разрез и трёхмерную впадину в первом слое. Земная кора состоит из двух слоёв, первый характеризуется глубинами от 0 до 25 км и сопротивлением 2000 Ом\*м, второй – глубинами от 25 до 50 км и сопротивлением 10 Ом\*м. Сопротивление верхней мантии составляет 200 Ом\*м до глубины 150 км и 10 Ом\*м ниже. Глубина впадины 4 км, размер 75 км с севера на юг и 250 км - с запада на восток, сопротивление составляет 10 Ом\*м.

Для решения прямой 3D-задачи использовалась программа Р. Макки MT3DFwd [16]. Была составлена сетка размером 45 ячеек вдоль оси X (на север), 80 ячеек вдоль Y (на восток) и 33 ячейки вдоль оси Z, в земле. В центральной части области моделирования (125 км x 300 км) была задана равномерная сетка 5 км x 5 км, с каждой стороны было добавлено также по 10 ячеек, размеры которых увеличивались по мере приближения к границам области моделирования. По вертикали сетка была задана до глубины 300 км, размер ячеек менялся от 0.1 км у земной поверхности до 50 км у нижней границы области моделирования.



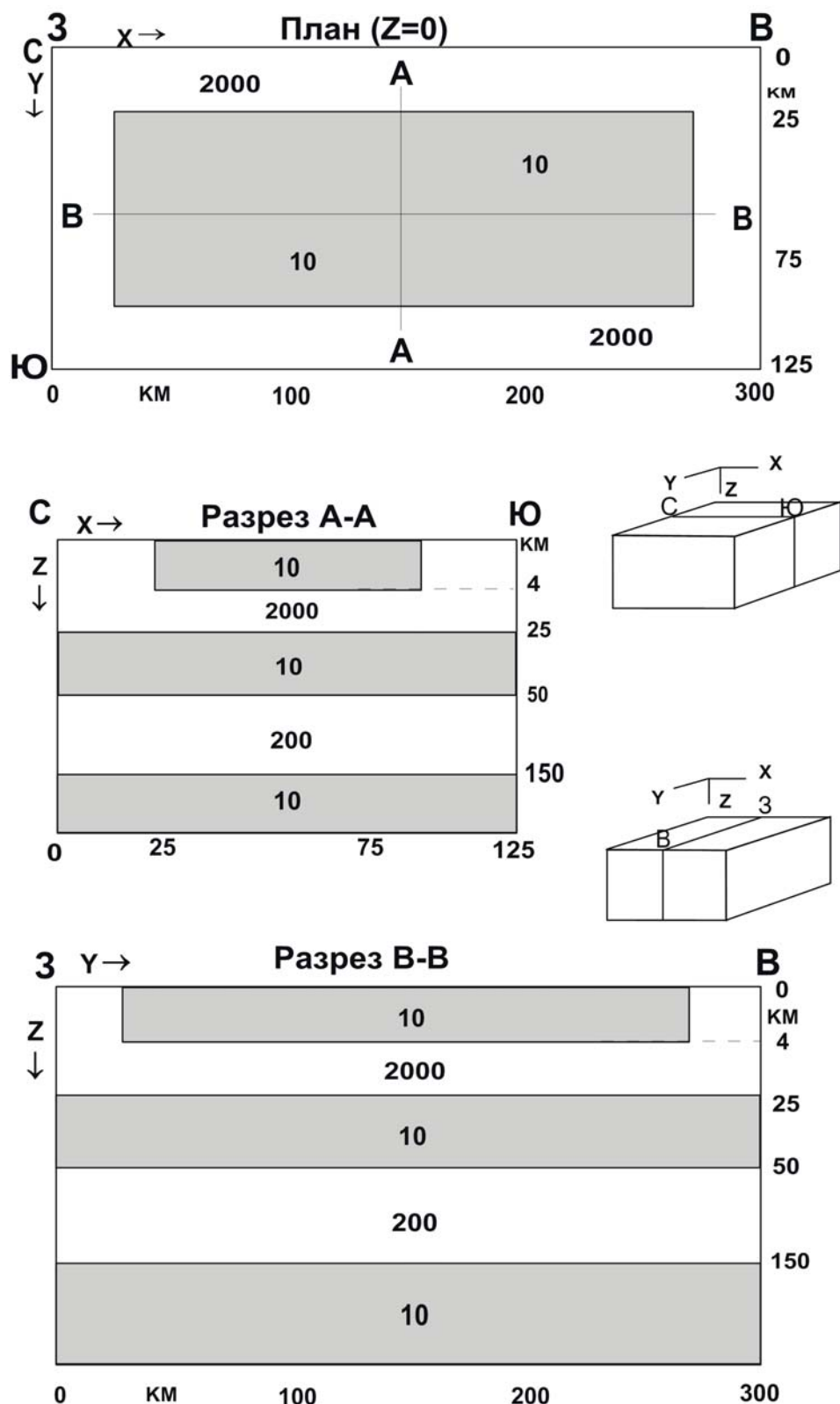


Рис. 3. Упрощенная объемная модель Иссык-Кульской впадины. В плане показаны линии сечений А-А и В-В. Числа внутри блоков указывают удельное сопротивление в Ом·м. Масштабы осей – произвольные.

После проведения расчёта, с помощью программы M3D\_Conv (П.Ю. Пушкарев) результаты были конвертированы в формат EDI. Далее с помощью программы MT\_Array (П.В. Иванов) были, в частности, построены карты полярных диаграмм тензора импеданса и индукционных стрелок (рис. 4).

Размеры полярных диаграмм над проводящей впадиной существенно меньше,

чем вокруг неё. На периоде 1 секунда диаграммы и стрелки вблизи границ впадины имеют характерный для двухмерных сред вид. С увеличением периода до 100 секунд диаграммы принимают вид, типичный для трёхмерных сред. В магнитном поле с увеличением периода влияние проводящей впадины уменьшается, и индукционные стрелки становятся очень малы.

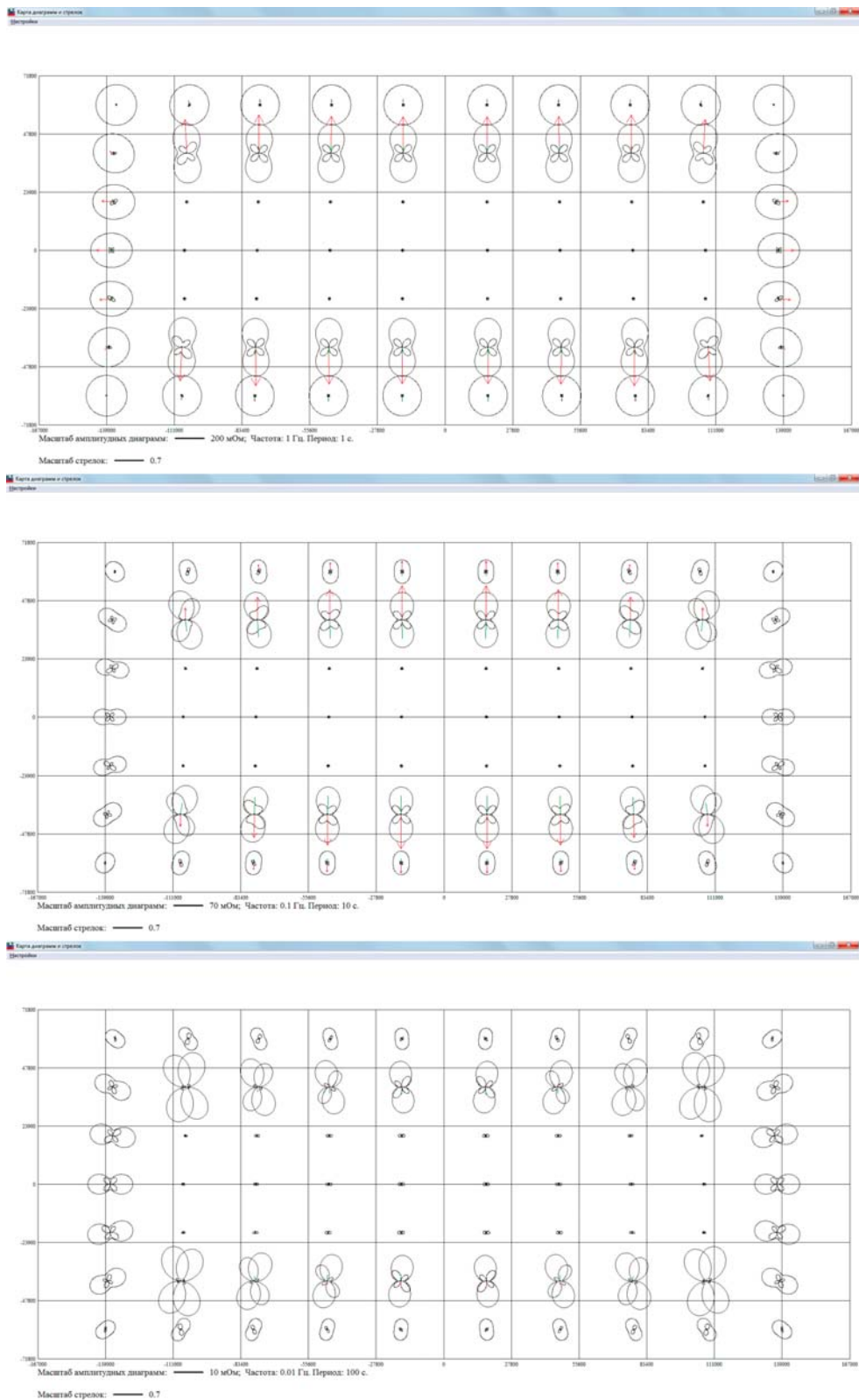


Рис. 4. Карты рассчитанных полярных диаграмм тензора импеданса и индукционных стрелок.

Подобные эффекты характерны и для наблюдаемых данных, полученных в районе озера Иссык-Куль. Но, очевидно, наблюдаемые данные ведут себя гораздо более сложным образом. В ходе дальнейших исследований построенная стартовая модель будет уточняться, чтобы обеспечить лучшее совпадение модельных и наблюдаемых данных, а также большее соответствие априорной геолого-геофизической информации. Технически возможно задействовать аппарат решения обратной 3D-задачи МТЗ, но его применение сильно ограничивается отсутствием наблюдаемых МТ-данных на акватории озера.

**Выводы.** Сделаны только первые шаги детального изучения структурных и геодинамических особенностей горных впадин Центрального Тянь-Шаня. Мы отчетливо осознаем, что многие вопросы поставленной задачи еще абсолютно неясны и требуют пристального внимания и дальнейшего изучения. Но уже сейчас можно говорить о том, что изложенный материал статьи подтверждает ранее высказанные представления о том, что процессы позднекайнозойского внутриконтинентального горообразования в пределах Тянь-Шаня являются результатом совокупного действия двух источников тектонических сил. Это не только силы латерального воздействия на его литосферу в целом и отдельные её слои (давление, волочение) со стороны Индийской литосферной плиты. Это также силы, связанные с тектономагматическими процессами в глубоких недрах самого пояса, с процессами вещественно-структурных преобразований и пространственного перераспределения (течения) вещества на разных уровнях литосферы и астеносферы.

В качестве определенного рода индикаторов различных геодинамических условий формирования рельефообразующих структур можно рассматривать горные впадины (тектонические прогибы) Центрального Тянь-Шаня, которые предлагается подразделять на две морфологически и генетически различные категории: (1) внутригорные и (2) межгорные и предгорные. Они существенно различаются, прежде всего, по глубине заложения. И если вторые являются почти исключительно дислокационными верхнекоровыми образованиями (на Тянь-Шане и в подобных им орогенах это в существенной степени структуры латерального смятия верхней коры), то первые включают не только аналогичного типа дислокации верхнекоровых слоёв, но и являются следствием глубинных, нижнекоровых и подкоровых тектоно-магматических процессов. Сейчас получены первые геофизические свидетельства в пользу таких представлений о геодинамических механизмах формирования и дифференциации горных впадин Центрального Тянь-Шаня. Однако в будущем потребуются более детальное и обстоятельное геофизическое обоснование рассматриваемых концептуальных положений.

Исследования, представленные в статье, выполнялись при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант 11-05-00840а).

### Литература

1. Артющков Е.В. Физическая тектоника. М.: Наука. 1993. 455 с.
2. Бакиров А.Б., Лесик О.М., Лобанченко А.П., Сабитова Т.М. Признаки современного глубинного магматизма в Тянь-Шане // Геология и геофизика. 1996. т. 37. № 12. С. 42-53.
3. Леонов М.Г. Альпийский этап в геодинамической эволюции Южного Тянь-Шаня (на примере Гиссаро-Алайской системы) // Современная геодинамика областей внутриконтинентального коллизионного горообразования (Центральная Азия). Гл. V. 2. М: Научный мир. 2005. С. 327-348.
4. Леонов М.Г. Внутренняя подвижность фундамента и тектогенез активизированных платформ // Геотектоника. 1993. № 5. С. 16-33.
5. Макаров В.И. Геодинамические различия неотектонических горных впадин Тянь-

- Шаня // Геодинамика внутриконтинентальных орогенов и геоэкологические проблемы: Материалы 4-го Международного симпозиума. Бишкек. 15-20 июня 2008 г.: ИС РАН. 2008. С. 63-65.
6. Макаров В.И. Новейшая тектоническая структура и кинематика движений. Взаимосвязь Тянь-Шаня с его обрамлением и механизмы внутриконтинентальных горообразовательных процессов // Современная геодинамика областей внутриконтинентального коллизионного горообразования (Центральная Азия). М.: Научный мир. 2005. С. 32-50, 349-367.
  7. Макаров В.И. Новейшая тектоническая структура Центрального Тянь-Шаня М.: Наука. 1977. 172 с.
  8. Макаров В.И. Новейшие орогены, их структура и геодинамика. Доклад на соиск. уч. ст. д.г.-м.н. М.: ГИН АН СССР. 1990. 57 с.
  9. Макаров В.И., Алексеев Д.В., Баталев В.Ю., Баталева Е.А., Беляев И.В., Брагин В.Д., Дергунов Н.Т., Ефимова Н.Н., Леонов М.Г., Мунирова Л.М., Павленкин А.Д., Рёкер С.В., Рослов Ю.В., Рыбин А.К., Щелочков Г.Г. Подвиг Тарима под Тянь-Шань и глубинная структура зоны их сочленения: основные результаты сейсмических исследований по профилю MANAS (Кашгар–Сонкель) // Геотектоника. 2010. № 2. С. 23–42.
  10. Макаров В.И., Трапезников Ю.А., Сковородкин Ю. П., Гусева Т.В., Мишин А.В. Современные деформации земной коры под влиянием глобальных и региональных процессов // Современные изменения в литосфере под влиянием природных и антропогенных факторов. М.: Недра. 1996. С. 7-50.
  11. Макаров В.И., Трифонов В.Г., Щукин Ю.К., Кучай В.К., Кулагин В.К. Тектоническая расслоенность литосферы новейших подвижных поясов. Труды ГИН АН СССР. В. 359. М.: Наука. 1982. 115 с.
  12. Рыбин А.К. Магнитотеллурические и сейсмические исследования по трансекту MANAS // Вестник ВГУ. Серия Геология. 2010. № 1. С. 218-228.
  13. Рыбин А.К. Глубинное строение и современная геодинамика Центрального Тянь-Шаня по результатам магнитотеллурических зондирований // М.: Научный мир. 2011. 272 с.
  14. Трифонов В.Г., Артющков Е.В., Додонов А.Е., Бачманов Д.М., Миколайчук А.В., Вишняков Ф.А. Плиоцен-четвертичное горообразование в Центральном Тянь-Шане // Геология и геофизика. 2008. Т. 49. № 2. С. 128-145.
  15. Щелочков Г.Г., Брагин В.Д., Рыбин А.К., Баталев В.Ю., Баталева Е.А., Павленкин А.Д., Рослов Ю.В., Ефимова Н.Н., Дергунов Н.Т., Беляев И.В., Мунирова Л.М., Макаров В.И., Леонов М.Г., Алексеев Д.В., Knapp J.H., Roesker S.W. Трансект “MANAS”: Первые результаты обработки и интерпретации данных сейсмических зондирований Центрального Тянь-Шаня // Материалы 4-го Международного симпозиума “Геодинамика внутриконтинентальных орогенов и геоэкологические проблемы”. Москва-Бишкек. 2009. С. 59-67.
  16. Mackie, R.L., Smith, J.T., and Madden, T.R. 3D EM modeling using FD equations: the MT example. Radio Science. 1993. 29. Pp. 923-935.

## СОДЕРЖАНИЕ

### ГЛУБИННОЕ СТРОЕНИЕ И ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ ЛИТОСФЕРЫ ВНУТРИКОНТИНЕНТАЛЬНЫХ ОРОГЕНОВ

СТРУКТУРА ЛИТОСФЕРЫ ЦЕНТРАЛЬНОГО И ЮЖНОГО ТЯНЬ-ШАНЯ ПО ДАНЫМ МАГНИТОТЕЛЛУРИКИ, СЕЙСМИЧЕСКИХ СКОРОСТЕЙ МОВЗ И ЛАБОРАТОРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ КСЕНОЛИТОВ Баталев В.Ю., Баталева Е.А., Рыбин А.К., Матюков В.Е. ....	4
СВЯЗЬ ВАРИАЦИЙ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ С НАПРЯЖЕННО- ДЕФОРМАЦИОННЫМ СОСТОЯНИЕМ СРЕДЫ ПО ДАНЫМ МАГНИТОТЕЛЛУРИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА Баталева Е.А., Баталев В.Ю., Рыбин А.К. ....	10
ГЕОТЕРМАЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЗЛОМНОЙ ЗОНЫ ТАЛАСО- ФЕРГАНСКОГО РАЗЛОМА Баталева Е.А., Баталев В.Ю., Рыбин А.К. ....	17
НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ ИЗМЕНЧИВОСТИ СЕЙСМОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА ОСНОВЕ ПОКАЗАТЕЛЯ ЭНТРОПИИ Джалилов А.А., Хашимов М.М., Худайбердиев Ф.Т., Умурзаков Р.А., Ганиев А.С. ....	23
ГЕНЕРАТОР ШУМОПОДОБНЫХ ЗОНДИРУЮЩИХ СИГНАЛОВ ДЛЯ СОВРЕМЕННОЙ СИСТЕМЫ АКТИВНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО МОНИТОРИНГА НАПРЯЖЕННО- ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ЗЕМНОЙ КОРЫ Лашин О. А. ....	28
ОСОБЕННОСТИ ГЛУБИННОЙ СТРУКТУРЫ ДЕПРЕССИОННЫХ ОБЛАСТЕЙ ЦЕНТРАЛЬНОГО ТЯНЬ-ШАНЯ Макаров В.И., Рыбин А.К., Матюков В.Е., Пушкарев П.Ю., Щербина Ф.А. ....	36
СТРОЕНИЕ ТУАПСИНСКОЙ СДВИГОВОЙ ЗОНЫ ПО ДАНЫМ ПОЛЕВЫХ ТЕКТОНОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ Маринин А.В. ....	46
МАГНИТОТЕЛЛУРИЧЕСКИЕ И МАГНИТОВАРИАЦИОННЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ В РАЙОНЕ АЛАЙСКОЙ ВПАДИНЫ Матюков В.Е. ....	51
ИССЛЕДОВАНИЕ ГЛУБИННОЙ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ ЛИТОСФЕРЫ СЕВЕРНОГО ТЯНЬ-ШАНЯ Матюков В.Е., Баталева Е.А. ....	65
ПРОЯВЛЕНИЕ АНИЗОТРОПИИ КАЖУЩЕГОСЯ УДЕЛЬНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ В ПРЕДЕЛАХ БИШКЕКСКОГО ГЕОДИНАМИЧЕСКОГО ПОЛИГОНА Мухамадеева В.А., Брагин В.Д. ....	72

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ РЕГИСТРАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОИМПУЛЬСНОЙ УСТАНОВКИ, ИСПОЛЪЗУЕМОЙ ДЛЯ АКТИВНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО МОНИТОРИНГА ЗЕМНОЙ КОРЫ Мясников Д. С. ....	80
ВАРИАНТЫ ОБРАБОТКИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ GPS-ИЗМЕРЕНИЙ Образцова Т.С., Кузиков С. И. ....	89
К ВОПРОСУ О ШАРЬЯЖНОМ СТРОЕНИИ ЗОНЫ СОЧЛЕНЕНИЯ СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ С БАЙКАЛО-ПАТОМСКИМ НАГОРЬЕМ Пашевин А.М., Лаврентьева А.Е. ....	96
ОСОБЕННОСТИ ТЕКТОНИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ПОВЕРХНОСТИ МОХО НА ТЕРРИТОРИИ КЫРГЫЗСКОГО ТЯНЬ-ШАНЯ ПО ГРАВИТАЦИОННЫМ ДАННЫМ Погребной В.Н., Гребенникова В.В. ....	100
ЕЩЁ РАЗ О ПРИРОДЕ РАЗЛОМООБРАЗОВАНИЯ Садиков Ф.С., Адылов И.И., Алимухамедов И.М. ....	106
АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ЦЕНТРАЛЬНОГО ТЯНЬ-ШАНЯ ПО СЕЙСМОЛОГИЧЕСКИМ ДАННЫМ Сычева Н.А., Ребецкий Ю.Л., Сычев В.Н. ....	113
О РЕГУЛЯРНЫХ ДВИЖУЩИХ СИЛАХ ЛИТОСФЕРНЫХ ПЛИТ Тажибаев Кушбакали ....	120
О РЕКОНСТРУКЦИИ ПАЛЕОТЕКТОНИЧЕСКИХ НАПРЯЖЕНИЙ ОТДЕЛЬНЫХ ЭТАПОВ АЛЬПИЙСКОЙ ИСТОРИИ ЗАПАДНОГО ТЯНЬ-ШАНЯ Умурзаков Р.А. ....	127
ДЕФОРМАЦИИ И ЖЕСТКОСТЬ МАССИВОВ ГОРНЫХ ПОРОД В БЛИЖНЕЙ ЗОНЕ ВОДОХРАНИЛИЩ Хамидов Л.А., Зияудинов Ф.Ф., Артиков Ф.Р., Джумбаев И.М., Шукуров М.А. ....	134
ДЕФОРМАЦИИ И СМЕЩЕНИЯ ВДОЛЬ СЕЙСМОАКТИВНЫХ РАЗЛОМОВ ЗАПАДНОГО ТЯНЬ-ШАНЯ Хамидов Л.А., Шукуров З.Ф., Фахриддинов Ж.Ф. ....	141
<b>АКТИВНЫЙ ГЕОФИЗИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ, ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ГЕОСФЕР И ВЛИЯНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ НА ЭНДОГЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ</b>	
ПОТЕНЦИАЛ ОБЩЕФИЗИЧЕСКИХ ПОДХОДОВ ДЛЯ ОБЪЯСНЕНИЯ ВЛИЯНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ НА ДЕФОРМАЦИЮ И АКУСТИЧЕСКУЮ ЭМИССИЮ ОБРАЗЦОВ ГОРНЫХ ПОРОД Мубассарова В.А., Богомолов Л.М. ....	148
ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ НА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ МРАМОРНЫХ ОБРАЗЦОВ Герман К.А. ....	156

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ШУМОПОДОБНЫХ СИГНАЛОВ В СИСТЕМАХ АКТИВНОЙ ГЕОЭЛЕКТРОРАЗВЕДКИ, МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ Ильичёв П. В. ....	165
---	-----

АЭ ПРИ РЕЛАКСАЦИИ ГОРНЫХ ПОРОД ДО И ЗА ПРЕДЕЛОМ ПРОЧНОСТИ В ПРИСУТСТВИИ ВИБРАЦИЙ Манжиков Б.Ц., Ильичев П.В. ....	179
---	-----

ОДНОВРЕМЕННЫЕ ВОЗМУЩЕНИЯ ВЫСОКОЧАСТОТНОЙ ГЕОАКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ И АТМОСФЕРНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ ПРИ ДЕФОРМАЦИИ ПРИПОВЕРХНОСТНЫХ ПОРОД Марапулец Ю.В., Руленко О.П., Ларионов И.А., Мищенко М.А. ....	186
---	-----

ФОРМИРОВАНИЕ ПОТЕНЦИАЛЬНОГО ИСТОЧНИКА ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ КАК РЕЗУЛЬТАТ РАЗВИТИЯ ДЕФЕКТОВ ГЕОСРЕДЫ В РЕЖИМЕ С ОБОСТРЕНИЕМ Пантелеев И.А., Плехов О.А., Наймарк О.Б. ....	190
--	-----

ИНФОРМАТИВНОСТЬ МОНИТОРИНГОВЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ТЕМПЕРАТУРЫ В СКВАЖИНАХ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ТЕКТОНИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ Юрков А.К., Демежко Д.Ю., Уткин В.И. ....	194
---	-----

ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ОБРАБОТКА НАБЛЮДЕНИЙ ЛУННО-СОЛНЕЧНЫХ ВАРИАЦИЙ СИЛЫ ТЯЖЕСТИ Антонов Ю.В., Воронцова Е.В. ....	200
--	-----

ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ФОРМ НА ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ЦЕНТРАЛЬНОГО ТЯНЬ-ШАНЯ И ИХ АНАЛОГИЧНЫЕ ОБРАЗЫ В НЕДРАХ ПЛАНЕТЫ Глатоленков А.И. ....	208
--	-----

### **ГЕОДИНАМИЧЕСКАЯ ЭВОЛЮЦИЯ И ТЕКТОНИКА ВНУТРИКОНТИНЕНТАЛЬНЫХ ОРОГЕНОВ**

ОСОБЕННОСТИ СКАЛЬНОГО ОПОЛЗНЕОБРАЗОВАНИЯ В ЮЖНОЙ ЧАСТИ ИССЫК-КУЛЬСКОЙ ВПАДИНЫ, СЕВЕРНЫЙ ТЯНЬ-ШАНЬ Абдиева С.В., Керимбаева Д., Корженков А.М., Пикокк Х., Усманов С.Ф., Фортуна А.Б., Чаримов Т.А. ....	216
--	-----

РАННЕПАЛЕОЗОЙСКИЕ МЕТАМОРФИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ В КОЛЛИЗИОННОМ ПОЯСЕ ЧУ-ИЛИЙСКИХ ГОР И СЕВЕРНОГО ТЯНЬ-ШАНЯ Алексеев Д.В., Крёнер А., Рязанцев А.В., Хегнер Е., Третьяков А.А., Рохас-Аграмонте Я., Корсини М., Лиу Д. ....	223
---	-----

ПРОБЛЕМЫ ЦЕЛЕВОГО ТЕКТОНИЧЕСКОГО РАЙОНИРОВАНИЯ Киселев В.В. ....	229
---	-----

ВНУТРИПЛИТНЫЕ ЗОНЫ КОНЦЕНТРИРОВАННОЙ ДЕФОРМАЦИИ: СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ И НЕКОТОРЫЕ РЕШЕНИЯ Леонов М.Г. ....	236
--	-----

ГЕОДИНАМИЧЕСКАЯ ЭВОЛЮЦИЯ ТЕРСКОЙ И ТУРКЕСТАНСКОЙ СУТУРНЫХ ЗОН КЫРГЫЗСКОГО ТЯНЬ-ШАНЯ Максумова Р.А., Дженчураева А.В., Ногаева Л.П. ....	244
ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ ТЕКТОНИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ЗОН НА УЧАСТКЕ ИНТЕРФЕРЕНЦИИ СТРУКТУР ГОРНОГО И МОНГОЛЬСКОГО АЛТАЯ Платонова С.Г. ....	252
НОВЕЙШИЕ ТЕКТОНИЧЕСКИЕ ДИСЛОКАЦИИ МАНГЫШЛАКА КАК СВИДЕТЕЛЬСТВО ЕГО ВЫСОКОЙ СЕЙСМОГЕОДИНАМИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ Попков В.И. ....	260
СТРУКТУРА И ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ЗАПАДНО-КАВКАЗСКИХ КАЙНОЗОЙСКИХ ПРОГИБОВ Попков В.И., Попков И.В., Дементьева И.Е. ....	266
МЕТАМОРФИЧЕСКИЕ ПОРОДЫ СВЕРХВЫСОКИХ ДАВЛЕНИЙ КЫРГЫЗСКОГО ТЯНЬ-ШАНЯ Сакиев К.С., Бакиров А.Б., Тагири М., Такасу А., Тогонбаева А. ....	272
LU-HF GARNET GEOCHRONOLOGY AND WHOLE-ROCK GEOCHEMISTRY OF ECLOGITIC DYKE IN THE AKTYUZ COMPLEX OF THE NORTHERN TIANSHAN, KYRGYZSTAN Y. Rojas-Agramonte, D. Herwartz, A. Kröner, E. Hegner, D. Alexeiev .....	283
THE INITIAL DISCUSSION ON THE EFFECT OF NEOPALEOZOIC TECTONIC FRAMEWORK OF MIDDLE TIANSHAN MOUNTAIN ON THE FORMATION OF LATER TIANSHAN MOUNTAIN Yao Wen-guang, Fen Yi-min, Li Shang-lin, Hong Jun, Cao Ji-fei .....	285
THE TECTONO-SEDIMENTARY EVOLUTION AND SEDIMENTARY MINERALIZATION OF TIANSHAN MOUNTAIN IN CHINA AND KYRGYZSTAN Yao Wen-guang, Zhang Rui-lin, Hong Jun, Li Bao-qiang, Wu Jie-ren, Li Shang-lin, Wang Bin, Cao xin .....	289