

МЕЖДУНАРОДНАЯ АССОЦИАЦИЯ ГЕОДЕЗИИ
МЕЖДУНАРОДНАЯ АССОЦИАЦИЯ СЕЙСМОЛОГИИ
И ФИЗИКИ НЕДР ЗЕМЛИ
МЕЖДУНАРОДНЫЙ ПРОЕКТ «ЛИТОСФЕРА»
АКАДЕМИЯ НАУК СССР
СОВЕТСКИЙ ГЕОФИЗИЧЕСКИЙ КОМИТЕТ
АКАДЕМИЯ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР



ГЕОДЕЗИЯ — СЕЙСМОЛОГИЯ: ДЕФОРМАЦИИ И ПРОГНОЗ

Международный симпозиум

Ереван, 2—6 октября 1989 г.

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

МОСКВА 1989

Международная ассоциация геодезии
Международная ассоциация сейсмологии и физики недр Земли
Международный проект "Литосфера"

Академия наук СССР
Советский геофизический комитет
Академия наук Армянской ССР

ГЕОДЕЗИЯ - СЕЙСМОЛОГИЯ:
ДЕФОРМАЦИИ И ПРОГНОЗ

Международный симпозиум
Ереван, 2 - 6 октября 1989 г.

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

Москва 1989



15681

Редакционная коллегия

член-корреспондент АН СССР Ю.Д.Буланже (ответственный редактор), доктор физико-математических наук А.В.Николаев, член-корреспондент АН Армянской ССР Р.А.Мовсисян, доктор технических наук М.Т. Прилепин, кандидат технических наук В.А.Сидоров (зам. ответственного редактора), кандидат технических наук С.В.Энман

УДК 551.242

Показано состояние разработки вопросов комплексирования геодезических и сейсмологических методов при решении фундаментальных проблем динамики процессов в дискретной геофизической среде.

Рассматриваются прикладные аспекты изучения движений и деформаций геофизической среды геодезическими и сейсмическими методами, связанные, главным образом, с решением вопросов прогноза сейсмических событий.

Отражены основные направления в изучении глобальной, региональной и локальной геодинамики геодезическими и геофизическими методами. Исследуется связь геодинамических явлений различного масштаба с другими геофизическими явлениями.

СОДЕРЖАНИЕ

К.Н.АБДУЛЛАБЕКОВ, Г.Ю.АЗИЗОВ, М.Ю.МУМИНОВ, У.А.НУРМАТОВ, А.П.РАЙЗМАН - Исследование поля деформаций в эпицент- ральной зоне Газлийских землетрясений 1976 и 1984 гг.....	20
Г.А.АБРАМЯН, Т.О.БАБАЯН, С.С.КАРАПЕТЯН, С.С.СИМОНЯН, К.САРКИСЯН - Инженерно-сейсмологические исследования поведения характерных для территории города Ленинакана грунтов.....	20
А.А.АВАГИМОВ - Электромагнитная подсистема при решении задач геодинамики: методология, информативность, монито- ринг.....	22
А.А.АВАГИМОВ, Т.А.АПИРОВ, Б.Н.ГАИПОВ, Ю.О.КУЗЬМИН, М.К.КУРБАНОВ, В.С.ОРЛОВ - Прогноз землетрясений в Турк- менистане.....	22
Н.Д.АВРАМЕНКО - Результаты исследований горизонтальных смещений земной поверхности на Речицком нефтяном место- рождении.....	23
Г.М.АВЧЯН, А.К.УРУПОВ, Г.В.МАРКОСЯН, В.И.БОГОЯВЛЕНСКИЙ, - Модель геофизической среды с пространственно-направлен- ной палеомагнитной анизотропией и её геодинамические последствия.....	24
В.Е.АГАРОНЯН, Э.Г.ГЕОДАКЯН, М.А.ДАНИЛОВА, С.Л.ЮНГА - Механизмы очага афтершоков Спитакского землетрясения.....	25
К.Б.АЛДАМЖАРОВ, М.Т.ТУСУПОВ - Упорядоченно-трещиноватая модель геофизической среды.....	26
А.Л.АЛЕЙНИКОВ, О.В.БЕЛЛАВИН, А.А.КУЗНЕЦОВ, Б.П.РЫЖИЙ, И.Ф.ТАВРИН, В.Р.ЯЩЕНКО - Динамические условия новейшего и современного тектогенеза Урала	27
С.И.АЛЕКСАНДРОВ, В.А.БЕЗГОДКОВ, А.Г.ГАМБУРЦЕВ, Н.Г.ГАМ- БУРЦЕВА, А.В.ГОРБАТИКОВ, Н.А.ДОЛБИЛКИНА, В.Л.КИСИЛЕВИЧ, Ю.О.КУЗЬМИН, А.В.НИКОЛАЕВ, Г.А.ПАНТЕЛЕЕВА, В.Б.ПРЕОБРА- ЖЕНСКИЙ, В.А.СИДОРОВ, В.С.СОЛОВЬЕВ, С.П.СТАРОДУБРОВСКАЯ, С.Л.ЦВАНГ, С.В.КУРСИН, О.Б.ХАВРОШКИН, В.В.ЦЫПЛАКОВ - О закономерностях, присущих современным геодинамическим процессам.....	28

С.И.АЛЕКСАНДРОВ, А.Г.ГАМБУРЦЕВ, О.Б.ХАВРОШКИН, В.В.ЦЫПЛАКОВ - Элементы хаоса и самоорганизации детерминированных деформационных волн в земной коре.....	28
А.С.АЛЕКСЕЕВ, Л.В.БУРЫЙ, Б.М.ГЛИНСКИЙ, В.В.КОВАЛЕВСКИЙ, В.Н.МАРТЫНОВ, Б.Г.МИХАЙЛЕНКО, Б.М.ПУШНОЙ - Комплекс технических средств прецизионного вибрационного зондирования для сейсмического мониторинга.....	29
✓ С.С.АРЕФЬЕВ, В.М.ГРАЙЗЕР, К.Г.ШЛЕТНЁВ, Р.Э.ТАТЕВОСЯН, Н.В.ШЕБАЛИН - Сейсмический мониторинг очаговой зоны Спитакского землетрясения.....	30
✓ Г.Г.АРЕШИДЗЕ, П.Ф.БИДЖИ, Д.О.ЗИЛПИМИАНИ, Г.В.КУМСИАШВИЛИ, П.В.МАНДЖАЛАДЗЕ, Г.МЕЛИКАДЗЕ, В.СІРИНЬЯ, В.С.ЧКУАСЕЛИ - Наблюдения вариаций ЭМИ, содержания гелия и уровня воды в скважине на территории Грузии до и после Спитакского землетрясения.....	31
Н.А.АРМАНД, В.Ф.БАХТИАРОВ, В.П.БИСЯРИН, В.Е.ЛЕВИН, В.Е.ЛОМАКИН, А.В.САПРЫКИН, С.В.ТАРАКАНОВ, В.Б.ЭНМАН - Применение дальномера - рефрактометра для измерений горизонтальных деформаций на Петропавловск-Авачинском полигоне (Камчатка).....	31
А.В.АРУТЮНЯН - Геодинамика офиолитов Малого Кавказа по данным экспериментальных исследований базитов и ультрабазитов при высоких термобарических параметрах.....	32
П.А.АТРУШКЕВИЧ, Н.Б.КАЛАБАЕВ, А.НУРМАГАМБЕТОВ, П.А.ОСТРОПИКО - Сопоставление вариаций длин линий на деформационной площадке Алма-Атинского геодинамического полигона с некоторыми параметрами сейсмического режима.....	33
✓ П.А.АТРУШКЕВИЧ, В.Д.ЛОТОЦКИЙ - Поиск предвестников землетрясений в Алма-Атинском сейсмическом районе (по материалам геодезических исследований).....	34
✓ Т.А.АШИРОВ - Тепловые процессы в зонах подготовки землетрясений.....	34
А.Г.БЕБАДЖАНЯН, Г.С.ГАСПАРЯН, С.С.СИМОНЯН - Особенности внутреннего строения зоны Ереванского глубинного разлома в связи с её сейсмичностью.....	35

А.Г.БАБАДЖАНИН, С.М.ОГАНЕСЯН, А.О.ОГАНЕСЯН - Использование гравиметрии в изучении глубинного строения и геодинамики территории Армянской ССР.....	36
✓ А.Л.БАГМЕТ - Аномальные наклоны земной поверхности как предвестники близкого опутимого землетрясения.....	37
✓ А.Л.БАГМЕТ, М.И.БАГМЕТ - Режим подземных вод, земные приливы и предвестники сильных землетрясений.....	37 ✓
Л.БАНЬЯН - Роль теории упругой отдачи в проектировании и оценке величин смещений деформационных сетей.....	38
Г.БАРТА, Л.БАНЬЯН, И.ЗОМПО, Г.ПАПН - Геодинамический мониторинг в локальных районах.....	38
В.Ф.БАХТИАРОВ, В.Е.ЛЕВИН - Светодальномерные измерения из обсерватории "Мишенная". Анализ результатов наблюдений.....	39
А.А.БДОЯН, А.К.ИХАНИЯН, В.А.СУЛХАНИЯН, С.Х.МАРДЯН - Аппаратура для ультразвуковых исследований фазовых превращений в горных породах и минералах.....	39
А.Г.БЕГЛАРЯН, А.А.ГЕНИКЕ, Р.А.МОВСЕСЯН, Г.И.ПОГОСЯН, А.С.СУШКОВ, Р.А.ТАТЕВЯН - Интерференционный метрологический базис, расположенный в тоннеле.....	40
А.Г.БЕГЛАРЯН, К.А.ЗАКАРЯН - Латеральные скоростные неоднородности верхней мантии Кавказа по данным о невязках телесейсмических Р- и S-волн.....	41
А.Г.БЕГЛАРЯН, К.А.ЗАКАРЯН, А.В.НИКОЛАЕВ - О временных изменениях скоростей сейсмических волн на Малом Кавказе.....	42 ✓
В.А.БЕЛОКОПЫТОВ, Т.В.ГУСЕВА, А.А.ЛУКК, Ю.П.СКОВОРОДКИН, Ю.А.ТРАПЕЗНИКОВ, В.И.ШЕВЧЕНКО - Современная геодинамика и сейсмичность района Гармского полигона в Таджикистане.....	43
М.А.БЛКМИН, В.Н.РОСТОВЦЕВ, Р.В.УЛИТИН - Геодезические и электрометрические исследования движений земной коры на Северо-Уральском геодинамическом полигоне.....	44
Л.И.БОКАНЕНКО, В.П.ПЕРЕЖИКИН, О.Н.ГАЛАГАНОВ - Локальные деформации Гармского полигона и возможности прогнозирования землетрясений.....	44 ✓
В.М.БРАЖНИК, М.Н.СМИРНОВА, С.С.СИАНИСЯН - Геофизические поля Аргунской сейсмоактивной зоны.....	45

И. БРУЧЕВ - Возможная зависимость между изменением механических свойств гранита и распределением гипоцентров землетрясений по глубине в Болгарии.....	46
Д. БУШИЧ - Исследование вертикальных движений в связи с Венгерским землетрясением.....	47
Ю. Д. БУЛАНЖЕ, В. И. БОГДАНОВ, Л. А. САВИЦКИЙ, С. Д. ЯЩУК - Опыт эксплуатации, перспективы совершенствования и развития глубинных скважинных реперных систем.....	47
Ю. Д. БУЛАНЖЕ, Т. В. ГУСЕВА, Т. Е. ДЕМЬЯНОВА, Л. А. МАРАХОВСКАЯ, Б. А. СИГАЛОВ - Взаимосвязь вертикальных движений и неупругих изменений силы тяжести на Гармском геодинимическом полигоне.....	48
Ю. Д. БУЛАНЖЕ, Д. В. ТАРБЕЕВ, В. И. БОГДАНОВ, Л. Ф. ВИТУШКИН, И. А. НОВИКОВ, А. Е. СИНЕЛЬНИКОВ, В. Н. ХАЖУЕВ - Гравиметрический и геодинимический комплекс на территории института метрологии им. Д. И. Менделеева в Ломоносове.....	49
Л. Л. ВАНЬЯН, А. Г. ГАМБУРЦЕВ, А. В. ГОРБАТИКОВ, П. Л. ГОТФРИД, А. В. НИКОЛАЕВ, О. А. ПОТАПОВ, В. П. ПРЕОБРАЖЕНСКИЙ, В. С. СОЛОВЬЕВ, Г. А. ШЕХТМАН - Временные вариации параметров сейсмических волн.....	50
А. Т. ВЕГУНИ, А. К. КУХАНЫН, Г. Ш. ШАГИНЯН - Петрофизическая модель земной коры переходного типа в постскладчатом этапе её развития на примере неовулканической зоны Армении....	51
Т. З. ВЕРЕЩИЦКИЙ, Б. Д. БОЙКО, А. В. НАЗАРЕВИЧ, Е. С. СТРУК - Сейсмоакустические исследования на территории Карпатского геодинимического полигона.....	52
Т. З. ВЕРЕЩИЦКИЙ, В. Г. КУЗНЕЦОВА - Комплексные сеймопрогностические исследования на территории Закарпатья.....	53
А. В. ВИКУЛИН - Феноменологическая волновая модель сейсмического процесса и пути её дальнейшего развития.....	53
А. В. ВИКУЛИН, С. А. ВИКУЛИНА - Камчатка: сейсмические дыры, фориоки, прогноз.....	54
В. И. ВОЛКОВ - Состояние и перспективы исследований современных движений земной коры на объектах атомной энергетики....	55

Е.ГЕЙСС, Г.ДРЕВЕС, В.ЭЛМЕР, К.РАЙГЕР - Напряжение и деформация в подвижных поясах - изучение Средиземноморского и прилегающих к нему регионов по проекту Вегенер-Медлас.....	56
И.ЯХ, И.ПШЕНЧИК - Инверсия времен пробега волн в неоднородных анизотропных средах.....	56
В.И.ВОЛКОВ, А.А.ЛОПАНЧУК, В.М.ПРОТАСОВ, Е.М.СЕВЕРТИН - Геодинамика районов строительства атомных станций: структура, методы и прикладные аспекты изучения.....	57
П.ВЫСОЧИЛ, Р.М.КЕБИСИ, А.ТАЛЕБ, С.М.МАХМУД - Предварительная геодинамическая модель для района Калабша, Асуан по геодезическим данным.....	57
М.В.ГАМБУРГЕР, Р.Е.РЕЙЛИНДЖЕР - Применение глобальной навигационной системы (GPS) для измерений в зоне внутриконтинентальной коллизии: центрально-азиатская часть СССР.....	58
Е.ПРОТЕН - Геодезические аспекты прогноза землетрясений..	59
И.А.ГАРАГАШ, К.Б.АЛДАМЖАРОВ, В.С.ПЕРЕДЕРО - Инвариантные характеристики процесса деформирования в геофизической среде по светодоальномерным данным.....	60
И.А.ГАРАГАШ, Ж.Ш.ЖАНТАЕВ - Влияние горного рельефа на распределение приливных напряжений в земной коре Северного Тянь-Шаня и связь с сейсмичностью.....	61
Дж.ГАРАГОЗОВ, А.ХОДЖАЕВ - Ближняя зона землетрясений и оценка сейсмической опасности.....	62
П.ГЕЧЕВ - Модель иерархического блокового строения деформирующейся геологической среды - основа теоретического обоснования эмпирического закона повторяемости землетрясений различной энергии.....	62
Э.Г.ГЕДАКЯН, Г.В.САРТСЯН - Сейсмичность зоны возникновения Спитакского землетрясения.....	63
М.Д.ГЕРАСИМЕНКО, В.Г.ПИСАРЕНКО, Г.М.ГЕРАСИМЕНКО - Определение движений и деформаций плит по данным РСДБ.....	64

Е.ГЛОВАЦКА - Количество извлечённого объёма горных пород - как индикатор оценки сейсмического риска в шахтах..	65
Г.Л.ГОЛИНСКИЙ, Ч.М.МУРАДОВ - Выявление сейсмогенных зон Восточной Туркмении на основе анализа макросейсмических полей землетрясений Средней Азии.....	66
В.Г.ГОЛУБИЦКИЙ, А.Л.КРИВОНОС, Г.Д.ПАСЫНКОВ - Наклономерные наблюдения в Крымском сейсмоактивном регионе.....	66
В.М.ГОРБАНЬ - Глобальная тектоника плит за последние 150 млн.лет по палеомагнитным данным.....	67
А.С.ГРИГОРЬЕВ, И.М.ВОЛОВИЧ, А.В.МИХАЙЛОВА, Ю.Л.РЕБЕККИЙ - Напряжённое состояние и накопление повреждений в окрестности потенциального очага землетрясений в осадочном чехле и вопросы интерпретации современных движений.....	68
Д.Г.ГРИДНЕВ, В.В.ТИМОФЕЕВ, Ю.К.САРИЧЕВА, Л.В.АНИСИМОВА - Наклономерные измерения на станции Талая (Байкал).....	69
Т.В.ГУСЕВА, М.М.РУЗДА ПЕРЕС, А.ГОНСАЛЕС ПЕНЬЯ - Исследование современных движений земной поверхности на геополитонах АЭС в Восточной Кубе.....	69
✓ В.Г.ГУТЕРМАН, Я.М.ХАЗАН - Возможный механизм подготовки сильных мелкофокусных землетрясений.....	70
Д.Б.ДЖАМАЛОВ, З.ЗИЯХАНОВ, В.Б.СИРАДЖИТДИНОВ - Миграция сейсмогенных зон северо-восточной Ферганы по этапам четвертичного периода.....	71
А.А.ДЖИБА - Сейсмогидрогеологический режим Байкальской рифтовой зоны.....	71
ДЕНГ КВИДОНГ, ВУ ЖАНЛИНГ - Разрывы земной поверхности при сильных землетрясениях, разломообразование в голоцене, современные движения земной коры в Западном Китае.....	72
Д.ДМИТРОВ, К.ЛАМАЛЛИ, А.КХАЛФУН, Х.БЕНХАЛЛОВ - Постсейсмические движения на разломе Эль-Аснам, Алжир (1981 - 1988 гг.).....	74
В.Д.ДМИТРИКВ, С.Б.ЗОЛОТАРСКАЯ, - Современные вертикальные движения земной коры Камчатки.....	74

Б.П.ДЬЯКОНОВ, А.К.ТРОЯНОВ, В.А.ФАДЕЕВ - Деформационные процессы и сейсмоакустический шум в земной коре.....	75
М.Н.ДУБРОВ, В.А.АЛЕШИН - Лазерные деформографы: новые разработки и применение для прогноза землетрясений.....	76
Э.М.ЕВСЕЕВА, В.В.КИРИЧУК - О статистических методах изучения, прогнозирования и картирования СВДЭК (на примере Карпато-Балканского региона и Восточных Карпат).....	77
Н.А.ЖАРИНОВ, Г.А.ШАРОГЛАЗОВА - Деформации земной поверхности на Ключевском геодинамическом полигоне.....	78
Д.ЖЕКОВ, И.ГИНИЯТОВ, И.ЗДРАВЧЕВ, С.ГОСПОДИНОВ - О влиянии результатов наблюдений разных эпох на оценку параметров современных вертикальных движений земной коры.....	79
В.С.МУКОВ, С.Ф.ИЗЖОВ, Е.Г.КАНЕЛЬ, Б.С.КАРРЬЕВ, В.Г.КОСАРЕВ, Ю.О.КУЗЬМИН - Исследование взаимосвязи геодинамических и сейсмических процессов в Апхабадском сейсмоактивном районе.....	80
С.Б.ЗОЛОТАРСКАЯ, А.П.КИРИЕНКО, М.А.МАГУСЬКИН, Г.А.ШАРОГЛАЗОВА - Деформации земной поверхности, выявленные по геодезическим данным 1962-1986 гг. в районе г.Петропавловска-Камчатского, и их связь с сейсмичностью.....	80
В.М.ИВШИН - Скважинный наклономер.....	81
В.М.ИВШИН - Наклоны земной поверхности в районе сейсмофокальной зоны Камчатки.....	82
И.ЙОО - Современные вертикальные движения земной поверхности в Карпатах и Карпатском бассейне.....	83
А.И.КАРАПЕТЯН - О движениях и деформациях земной коры территории Армянской ССР и связанных с ними рудоскоплениях.....	83
В.К.КАРАПЕТЯН - Инженерно-сейсмологическое воздействие Спитакского землетрясения 7 декабря 1988 г.....	85
В.К.КАРАПЕТЯН - Очаг Спитакского землетрясения 7 декабря 1988 года и механизм его возникновения.....	86

Р.М.КАРМАЛЕЕВА, НГУЕН ЧОНГ ИЕМ, НГУЕН ДИНЬ ТУ, ЛЕ МИНЬ КУОК, ЧАН КУОН ХУНГ - Изменение современных движений земной поверхности в одном из районов активного трещинообразования на территории Ханойской депрессии (СРВ).....	87
Б.С.КАРРЫЕВ, Е.Г.КАНЕЛЬ, А.А.ИШАНКУЛИЕВ - Вопросы сейсми- ческого мониторинга эпицентральной зоны разрушительного Ашхабадского землетрясения 1948 года.....	87
Б.С.КАРРЫЕВ, Е.Г.КАНЕЛЬ, В.Г.КОСАРЕВ - Исследование сей- смического процесса на Ашхабадском геодинамическом поли- гоне.....	88
А.П.КАРТАШОВ, Л.С.РУДОВА, Г.А.СОРОКИНА - Связь кинематики земной поверхности с процессами техногенной природы.....	89
В.И.КАФТАН - Вертикальные движения вулкана Толбачик (Камчатка) - анализ тригонометрического нивелирования....	90
И.КАРЦ - Геодезические исследования современных движений земной коры вдоль рифта Мёртвого моря.....	90
С.И.КЕСЕЛЬМАН, П.Е.КОТЛЯР, О.А.КУЧАЙ, С.А.ТЫЧКОВ, Л.И. СЕРЕБРЯКОВА - Деформации приповерхностной части земной коры по данным сейсмологии и геодезии на Байкальских геодинамических полигонах.....	93
А.П.КИРИЕНКО, В.С.ЦЕЛИШЕВ, М.А.МАГУСЬКИН - Опыт регуляр- ных измерений линий светодальномерами СП-2 на деформаци- онных площадках г. Петропавловск-Камчатского.....	93
И.Г.КИССИН - Принципы и задачи гидрогеологического мони- торинга земной коры.....	94
Л.М.КНУРЕНКО, В.А.КНУРЕНКО - Изучение современных движе- ний земной поверхности разрабатываемых месторождений Кузбасса.....	95
В.Г.КОЛМОГОРОВ, П.П.КОЛМОГОРОВА - Современные деформации и сейсмичность Байкальской рифтовой зоны.....	96
П.Е.КОТЛЯР, С.И.КЕСЕЛЬМАН - Динамика земной коры Тихоокеанс- кого побережья США.....	97

П.Е.КОТЛЯР, В.И.КИМ - Использование данных о параметрах вращения Земли при разработке научных основ краткосрочного прогноза землетрясений.....	98
Н.И.КРАВЧЕНКО, В.С.КУПКО, А.В.ПРОКОПОВ - Современные средства линейных измерений для геодинамических исследований.	99
О.Л.КУЗНЕЦОВ, В.В.МУРАВЬЁВ - Дискретно-волновая модель организации геофизической среды.....	100
В.Г.КУЗНЕЦОВА, В.Е.МАКСИМУК - Особенности динамики аномального магнитного поля и их связь с глубинным строением и современными движениями земной коры Терско-Каспийского прогиба.....	101
Ю.О.КУЗЬМИН - Механизм формирования автоволновых геодинамических процессов в дискретной геофизической среде....	102
М.И.ЛАКОТКО, А.С.МЕДОВИКОВ - Метод учёта влияния атмосферы на светодальномерные измерения при изучении движений земной коры.....	103
Е.ЛЕВИ - Вероятный модуляционный эффект в короткопериодном шуме в связи с землетрясениями в декабре 1986 года в Болгарии.....	104
Д.А.ЛИЛИЕНБЕРГ, М.Е.МАРКЕС-ТАБЛОН, Х.Л.ДИАС ДИАС, Х.Р.ЭРНАНДЕС САНТАНА - Возможности использования данных повторного нивелирования для изучения сейсмодеоформационных напряжений и геодинамики морфоструктуры Кубы.....	104
Д.А.ЛИЛИЕНБЕРГ, В.Р.ЯЩЕНКО - Вклад геодезических методов в оценку геодинамики сейсмодеоформационных напряжений района катастрофического землетрясения 1988 года в Армении..	106
Е.А.ЛИТВИНЕНКО - Аномальные изменения широты и их связь с землетрясениями.....	108
С.ЛОСИТО, Д.ПИККА, Ж.ВЕРРОНЕ - Математические проблемы двух-слойной модели твёрдой Земли.....	109
В.Д.ЛОТОЦКИЙ, П.А.ОСТРОПИКО - Геодезические исследования современных движений земной поверхности в эпицентральной зоне Моготского землетрясения, МНР.....	109

А.С.МАЗНИЦКИЙ, В.О.ИОСИПЧУК - Закачка воды в продуктивный горизонт, как стимулятор сейсмопроявлений.....	II0
А.И.МАЛЫШЕВ - Динамика спонтанных процессов.....	III
С.М.МАХМУД - Изучение деформаций земной поверхности в юго-западной части Египта по наблюдениям на локальных сейсмических и геодинамических сетях.....	II2
Н.А.МЁРНЕР - Поднятие Фенноскандии.....	II3
Н.А.МЁРНЕР - Астеносфера.....	II4
Н.А.МЁРНЕР - Сейсмичность и вращение Земли.....	II5
Г.МИЛЕВ - Возможности прогнозирования напряжений, деформаций и перемещений в условиях эластичной изотропной среды.....	II6
Г.МИЛЕВ, П.ГЕЧЕВ, Б.ВРИБЛЯНСКИЙ - Геологические и геодезические исследования современных движений по разломам Струмской зоны и их использование для прогноза сейсмического режима.....	II6
Г.МИЛЕВ, П.ИОВЕВ - Методы и программная реализация определения перемещений в зонах землетрясений.....	II7
Вл.А.МИРКИН, А.П.РАЙЗМАН - Состояние, основные результаты и перспективы геодезических исследований современной геодинамики в Узбекистане.....	II8
Р.А.МОВСЕЯН - Автоматизированные системы гидродинамического нивелирования для определения вертикальных деформаций точек земной коры на геодинамических полигонах.....	II8
В.В.МУРАВЬЁВ, Г.В.КРАСНОПЕЩЕВА - Сейсмоактивные концентрические структуры Кавказского региона.....	II9
В.А.МУХАМЕДОВ - Автомодельность геофизических процессов и иерархическая структура земной коры.....	I20
В.А.МУХАМЕДОВ, Б.С.КАРРЬЕВ, Е.Г.КАНЬЕЛЬ - Аттрактор в каталоге землетрясений.....	I2I
Г.Л.МЫЛЬНИКОВА - Возможности прогноза места и силы землетрясений методом хроногеометрического анализа сейсмичности.....	I2I

В.К.НАГАР, Б.С.РАЙЯЛ, К.С.НАМДХАРИ - Геофизическое обоснование дилатации в районе Кангра и окружающих областях.....	122
В.К.НАГАР, А.Н.СИНГХ - Вариации геодезических и геофизических данных в сейсмическом районе Кангра.....	123
В.К.НАГАР, Н.Л.ХАСИЯ - Анализ распределения напряжений в долине Ганга, полученный по геодезическим данным.....	125
С.Н.НАЗАРЕТЯН - Основные факторы, обуславливающие режим движений по разломам земной коры.....	126
✓ С.Н.НАЗАРЕТЯН - Направления региональных напряжений в земной коре территории Армении и характер возможных движений блоков.....	127
М.В.НЕВСКИЙ, Л.А.МОРОЗОВА, Г.С.ФЬЮЗ - Сверхдлиннопериодные волны деформаций по данным сейсмических и геодезических наблюдений.....	128
Д.НЕМЕТ - Контрольная сеть, созданная для определения горизонтальной составляющей современных движений земной коры.....	129
✓ И.Л.НЕРСЕСОВ, Х.В.КИРАКОСЯН, Э.Г.РЕДАКЯН - Особенности афтершоковой активности Спитакского землетрясения.....	129
✓ И.Л.НЕРСЕСОВ, Л.А.ЛАТЫНИНА - О деформационных процессах перед Спитакским землетрясением.....	130
А.В.НИКОЛАЕВ - Физические основы и возможности сейсмической геодезии.....	131
В.В.НИКОЛАЕВ - Трансформация энергий в деформационно-неустойчивых зонах.....	132
✓ А.А.НИКОНОВ, И.Д.ВОРОБЕЦ, А.С.КАРХАНЫ, Д.М.ТЕЙТЕЛЬБАУМ - Разрывы на поверхности и в очаге Спитакского землетрясения 7.12.1988 (По геоморфологическим, геологическим, сейсмологическим и геодезическим данным).....	133
В.ОАНСЕА, О.БАЗАКЛИУ - Вариации затухания сейсмических волн в районе Вранча (Румыния).....	134
А.О.ОГАНЕСЯН - Возможные источники неприливных изменений силы тяжести и их физико-геологическое моделирование (на примере Зангезурского геодинамического полигона)....	134

Ш.С.ОГАНЕСЯН - Гравитационное поле и динамика земной коры (на примере Армянской ССР).....	135
А.О.ОГАНЕСЯН, С.М.ОГАНЕСЯН, А.Г.БАБАДЖАНИАН - О результатах проведенных исследований по неупругим изменениям силы тяжести на Ширакском геодинамическом полигоне.....	135
Д.П.ОРОВЕЦКИЙ - Сейсмогенные структуры Центральной Армении.....	136
Д.Н.ОСОКИНА, К.И.КУЗНЕЦОВА, Н.Х.БАГМАНОВА - О возможности выявления горизонтальных перемещений по крупным разломам на основе теоретического расчёта локальных полей напряжений, прогноза вторичных разрывов и детального изучения сейсмичности.....	137
В.К.ПАНКРУШИН - Математическое обеспечение автоматизации моделирования и прогнозирования геодинамических процессов по результатам пространственно-временных рядов комплексных геодезических и геофизических наблюдений.....	138
А.К.ПЕВНЕВ - Детерминированный прогноз места и максимально возможной силы корового землетрясения.....	139
В.С.ПЕРЕДЕРО, Н.Н.МИХАЙЛОВА - Опыт совместного использования сейсмологических и геодезических методов для изучения очага землетрясения.....	140
М.ПИК - Об уравнениях Ранкорна для конвективных течений.....	141
С.А.ПИРУЗЯН - "Концерты" землетрясений и поперечные дислокации на Кавказе.....	142
В.Ф.ПИСАРЕНКО, В.Б.ЗЕМАН, К.В.ИВАНОВ, М.И.ЛАКОТКО, О.Е.ПОПОВ, С.А.СТЕПНИЕНКО - Короткопериодные деформации земной коры.....	143
Д.ПРОХАЗКОВА - Перспективы прогноза землетрясений в Центральной Европе.....	144
Д.ПРОХАЗКОВА - Рои землетрясений в Западной Богемии....	145

Ф.РАДУЛЕСКУ, В.НАКУ, Д.СТИПОЛ - Изучение современных движений земной коры в Румынии (полигон Груйо-Калдарушани).....	146
А.П.РАЙЗМАН - Состояние и результаты геодезических исследований деформаций земной коры в районе Чарвакского гидроэнергетического комплекса (Узбекистан).....	146
А.П.РАЙЗМАН - Некоторые результаты геодезических исследований деформаций земной коры в районах Нурекского и Рогунского гидроэнергетических комплексов (Таджикистан)...	147
Б.РАНГЕЛОВ - Остаточные деформации и определение некоторых новых параметров землетрясений 1928 года в Пловдивском районе.....	148
С.РИАД, Х.МУСТАФА, Х.ХОСНИ - Современная сейсмическая активность и неотектоника района рифта Мёртвого моря (Иордания).....	148
М.В.РОДКИН - К вопросу об экзогенной составляющей сейсмодеформационного процесса.....	149
А.РУССО - Новая геодинамическая модель для сейсмичности и напряжений <i>in situ</i> Средиземноморского региона.....	150
М.О.РЫЖКОВА - Некоторые особенности сеймотектоники Узбекистана.....	151
А.А.СААКЯН, Г.В.САРТСЯН, Г.А.ПОПАНДОПУЛО, Р.В.АМИРБЕКЯН - Изучение скоростного строения Северной Армении на основе данных об афтершоках Спитакского землетрясения.....	152
А.И.САВИЧ, М.М.ИЛЬИН, В.А.ЯКУБОВ - Геофизический контроль за деформационными процессами в скальных основаниях крупных инженерно-технических сооружений.....	153
К.Р.ТРЕТЯК - Геодезический мониторинг для исследования эндогенных процессов при гидродинамических воздействиях (на примере Тередия-Рикского гидроузла, Украинские Карпаты).....	154
М.Н.СМИРНОВА, С.С.СИАНИСЯН, МУРАХИН В.М., В.М.БРАЖНИК - Геодезические и геофизические наблюдения в эпицентральных зонах сильных землетрясений центральной части Терско-Каспийского прогиба.....	155

Г.А.СОБОЛЕВ - Исследование деформационных и сейсмических предвестников разрушения на моделях.....	156
О.В.СОБОЛЕВА, В.И.СТАРКОВ, Э.Я.СТАРКОВА - Разномасштабные деформации земной коры в Центральном Таджикистане.....	157
В.И.СОМОВ - Возможности геодезических методов при изучении сейсмогенных структур Карпато-Балкано-Динарского региона.....	158
С.СТИРОС - Механизмы деформирования в зонах разломов при землетрясениях: сейсмологический и геодезический аспект (структурный подход).....	159
Е.И.СУЕТНОВА - Сейсмичность рифтовых зон мирового океана и особенности процесса спрединга.....	161
В.С.ТИМЕРКАЕВ, Т.В.ГУСЕВА, Д.П.СКОВОРОДКИН - Концепция моделирования процессов в геофизической среде и поиск их временных закономерностей.....	162
А.В.ТИХОМИРОВ - Результаты измерений деформационных процессов на Алма-Атинском полигоне кварцевыми деформографами.....	163
М.Н.ТОКСОЗ, М.Б.ОРАЛ, К.Е.КАСАПОГЛУ - Модель деформирования для восточного Средиземноморья и Кавказа в зоне контакта Арабской и Евразийской плит.....	164
И.Н.ТОТОМАНОВ - Применение неотектонических и современных движений земной коры для прогноза возможных очагов землетрясений в юго-западной Болгарии.....	165
И.Н.ТОТОМАНОВ, Н.И.ГЕОРГИЕВ, П.С.РАЕВ, П.ТУЧЕВ - Структурная и кинематическая дифференциация земной коры Софийского сейсмопрогностического полигона по данным геодезических измерений.....	166
Ю.А.ТРАПЕЗНИКОВ, В.В.МЕДВЕДЕВ, В.А.БЕЛОКОПЫТОВ, Д.О.КУЗЬМИН, В.Н.ЛЕБЕДЕВ - Геодезический мониторинг земной коры методом светодальнометрии в Средней Азии и Казахстане.....	167
Е.М.СЕВЕРТИН - Результаты геодезического мониторинга экзогенных процессов на геодинамических полигонах атомных станций.....	168

Л.И.СЕРЕБРЯКОВА - Анализ геодезических измерений на геодинамических полигонах Байкальской рифтовой и Олекмо-Становой сейсмических зон.....	169
В.М.СИТАЛОВ, Н.В.СИДОРКИН - Результаты исследований современной геодинамики в Алма-Атинском сейсмоактивном регионе геодезическими методами.....	170
В.А.СИДОРОВ, Ю.О.КУЗЬМИН - Современная геодинамика разломов и состояние тектонической и сейсмической активности геофизической среды.....	171
В.А.СИДОРОВ, Б.Н.ГАИПОВ, Ю.В.КУЗЬМИН - Сравнительные особенности вариаций силы тяжести в осадочных бассейнах сейсмоактивных и слабосейсмичных областей.....	172
Х.Х.СИЛЬДВЭЭ - Неотектоника и сейсмичность в Эстонии.....	173
Д.СИМОН - Совершенствование контроля в районах рудников и сейсмоактивных регионов с помощью измерения непараллельных наклонов.....	173
Г.П.СИМОНЯН - Геодинамическая и структурная обстановка проявления Спитакского землетрясения 7 декабря 1988 г. и его последствие.....	174
А.Н.СИНГУХ - Инверсия движений по результатам повторного нивелирования и прогноз землетрясений. Использование данных о происшедших землетрясениях.....	175
Д.И.СИХАРУЛИДЗЕ, А.Х.БАГРАМЯН, Н.П.ТУТБЕРИДЗЕ, Э.И.ПАТАРАЯ, П.О.ДЖИДЖЕИШВИЛИ, Р.Л.ШАВИШВИЛИ, Б.Ц.ЕРЕМЯН - Сейсмокинематики Анатолийско-Кавказско-Иранского региона.....	176
Д.М.ТРАЛЛИ - Непрерывный мониторинг за деформациями поверхности с помощью глобальной системы навигации (GPS) на региональных геофизических сетях.....	177
Д.М.ТРАЛЛИ - Точные геодезические измерения базисной линии в Калифорнийском заливе с помощью глобальной навигационной системы.....	178
К.Р.ТРЕТЯК, С.Н.ХОДОРОВ - Критерии оптимизации информативности на геодинамических полигонах.....	179
К.Ф.ТЯПКИН - Роль внутренних и космических сил в тектогенезе Земли.....	180

В.И.УЛОМОВ - Деформация фрактальной геоструктуры и долгосрочный прогноз сейсмической обстановки.....	181
С.Н.УСТИНОВ, В.М.МЫСЬКОВ, Р.К.МАХКАМОВ - Геодезические работы в зоне Гиссарского землетрясения.....	182
С.Н.УСТИНОВ, Р.К.МАХКАМОВ, М.В.ТИГАНОВА - Карта современных вертикальных движений земной коры южной части Душанбинского прогиба.....	182
С.А.ФЕДОТОВ, М.А.МАГУСЬКИН, А.П.КИРИЕНКО, Н.А.ЖАРИНОВ - Вертикальные движения земной поверхности на побережье Камчатского залива и особенности их в эпицентральной зоне землетрясения 17.08.1983 года, $M=6,9$	183
А.Г.ФРЕЙД, В.Е.КОНОВАЛОВ, Л.С.КАДУРИНА, И.Б.ОСИПОВА - Глубинное строение зоны Спитакского землетрясения и прилегающих территорий.....	184
С.ЦАЦОНЬ - Геодинамический профиль Снежка-Боровец как элемент комплексной системы исследования движений земной коры.....	185
С.ЦАЦОНЬ, М.КАЧАЛЭК, Б.КОНТНЫ, К.МОНКОЛЬСКИ - Экзогенные движения земной коры на полигоне "Турув".....	186
В.Е.ЦУРКОВ - К вопросу прогноза землетрясений по геодезическим данным (по результатам исследований на Фрунзенском геодинамическом полигоне в период 1971-1989 гг.).....	186
С.ЧЕПРЕГИ, ВИ КУОК ХАЙ - Исследование движений земной коры в окрестностях Секешфехервара.....	187
В.И.ШАМОТКО, И.П.МОРОЗ, Б.Л.МАРКОВИЧ, Р.И.КУСАЙЛО - Электромагнитные прогностические исследования в сейсмоактивном Закарпатском прогибе.....	189
В.А.ШАПИРО, М.Ю.МУМИНОВ, К.Н.АБДУЛЛАБЕКОВ, Г.Ю.АЗИЗОВ - Прогноз времени, места и силы тектонических землетрясений в Узбекистане по данным высокоточной магнитометрии в 1982-1988 гг.....	190
С.А.ШАПИРО, И.С.ФАЙЗУЛЛИН - Фрактальные характеристики очаговых зон и рассеяние объемных сейсмических волн.....	192
В.А.ШИРОКОВ, Ю.М.ХАТКЕВИЧ - О возможности комплексирования долгосрочного, среднесрочного и краткосрочного прогнозов	

по сейсмологическим и гидрогеохимическим данным на примере Камчатского землетрясения 6.10.78, $M_H = 6,6$	192
В.П.ШЛЯХОВЫЙ, А.Г.ИЛЬЧЕНКО - Аномальные земноприливные эффекты - вероятные предвестники землетрясений.....	192
В.П.ШЛЯХОВЫЙ, В.И.ЧЁРНЫЙ - Наклоны - предвестники Вранчских землетрясений.....	192
Г.ШМИТ, Т.МОЛДОВЯНУ, В.НАКУ, Р.ЯГЕР - Анализ деформаций локальной наземной сети в Румынии в связи с Вранчским землетрясением 30 августа 1986 года.....	194
Ю.ЭЛЛЕНБЕРГ - Современная разрывная тектоника и её связь с землетрясениями в ГДР.....	195
Ф.Н.ЮДАХИН, О.К.ЧЕЛИЯ, К.Д.ДЖАНУЗАКОВ - Сейсмогенные зоны Тянь-Шаня - прогноз места и силы землетрясений.....	195
Ф.Н.ЮДАХИН, Т.Я.БЕЛЕНОВИЧ, Н.Х.БАГМАНОВА - Геодинамика и деформации земной коры Тянь-Шаня.....	196
Ф.Н.ЮДАХИН, Ю.Г.ШВАЙДМАН, Т.А.БАЗАВЛУК, З.А.КАЛЫМЕТЬЕВА, Т.А.МЕЛЬНИКОВА, Е.В.МУСИЕНКО, Ю.И.ТАРАСЕНКО - Модели геофи- зической среды сейсмогенных зон Тянь-Шаня.....	197
О.И.Юркевич, Л.А.ЛАТЫНИНА - Гидрогеологические деформа- ционные процессы на станции Берегово.....	198
А.Р.ЯРМУХМЕДОВ, Д.Х.ЯКУБОВ, А.С.САТТАРОВ, В.Н.ЕМ - О взаимо- отношении деформационных и сейсмических процессов в отдель- ных микроплощадках Восточного Узбекистана.....	198
А.Р.ЯРМУХМЕДОВ, Д.Х.ЯКУБОВ, А.С.САТТАРОВ, М.К.КУРБАНОВ, С.ТАГИЕВ - Современная и молодая тектоническая актив- ность земной коры юго-западной части Средней Азии.....	199
Г.П.ЯРОЦКИЙ, В.Д.ДМИТРИЕВ - Движения и деформации переход- ной зоны (на примере Камчатки).....	201

К.Н. Абдуллабеков, Г.Ю.Азизов, М.Ю.Муминов, У.А.Нурматов,
А.П.Райзман (Ташкент, СССР)

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЛЯ ДЕФОРМАЦИЙ В ЭПИЦЕНТРАЛЬНОЙ ЗОНЕ ГАЗ- ЛИЙСКИХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ 1976 И 1984 ГГ.

Возникновение трех сильнейших ($M \geq 7,0$) землетрясений в Газлийской очаговой области в течение 8-летнего интервала повысило интерес к этому району, как к объекту исследования активных геодинамических процессов. Динамика поля деформаций изучается методами геодезии, геофизики и гидро-геосейсмологии. Установлены значимые корреляции вариаций между исследуемыми параметрами и современными движениями.

Совместный анализ вариаций комплекса исследуемых параметров позволил изучить пространственно-временную динамику поля деформаций и разработать некоторые критерии прогнозирования активизации афтершоковой деятельности Газлийского очага землетрясений.

Г.А.Абраамян, Т.О.Бабаян, С.С.Карпетян, С.С.Симонян,
К. Саркисян (Ленинакан, СССР)

ИНЖЕНЕРНО-СЕЙСМОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОВЕДЕНИЯ ХАРАК- ТЕРНЫХ ДЛЯ ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА ЛЕНИНАКАНА ГРУНТОВ

В статье приведены данные по комплексному исследованию наиболее характерных инженерно-геологических разрезов, слагающих город Ленинакан и прилегающие территории как по данным записей афтершоков землетрясения седьмого декабря 1988 года и достигающих до пунктов регистрации ряда ощути-мой силы землетрясений, так и его микросейсмам и макро-сейсмическому обследованию территорий, представленных отмеченными инженерно-геологическими разрезами.

Наиболее характерными для исследуемой территории являются инженерно-геологические разрезы, представленные:
1. мощными (300 м) озерными глинами, подстилающими водо-носные пески и суглинистые грунты (у проспекта Победы-ПОВ); 2. комплексом грунтов, отмеченным выше, но перекры-тым туфами небольшой мощности (6 м) (у Красной крепости-Кр); 3. комплексом грунтов, отмеченным под вторым пунктом, перекрытым суглинисто-супесчаными грунтами мощностью

9 метров (территория северо-западнее г. Ленинакана - БСР); и наконец, 4. андезито-базальтами мощностью более 50 м, подстилаемыми песчаниками вскрытой мощностью более 70 м и перекрытыми плотными валуно-галечными отложениями мощностью около 5 м (с. Аревик-Ар).

Определенные по записям двух составляющих (В-3 и вертикальное) сейсмограмм 8-ми землетрясений с $K = 7-15$, величины приращений балльности сопоставлены с результатами макросейсмического обследования последствий землетрясения 7-го декабря на отмеченных выше участках. Оказалось, что результаты макросейсмических обследований основных типов зданий и сооружений (крупнопанельных, ж/б каркасных, смешанной - каменно-каркасной конструкции и каменных) вполне соответствуют отмеченным значениям приращений балльности. Степень повреждения и разрушения этих зданий, наряду с другими причинами, в основном зависела от близости их собственных периодов колебаний с периодами колебаний грунтов на этих участках.

Оказалось также, что определенные значения сейсмической интенсивности на разрезах 1, 2, 3 на I-3 балла превышают интенсивности на участке 4 (Ар). Хотя в каждом из разрезов 1, 2, 3 значения приращений балльности варьируют в довольно больших пределах, но по сравнению друг с другом не наблюдается интенсивное изменение кроме I-го участка (ПОБ).

Записи в пунктах 1, 2 и 3 по сравнению с четвертым (Ар) пунктом отличаются большей продолжительностью; наличием длиннопериодных колебаний и увеличением амплитуд колебаний в длиннопериодной части записей, что указывает на влияние мощных озерных глин на характер распространения сейсмических волн и на увеличение сейсморазрушительного эффекта.

Выявилось, что преобладающие периоды, полученные по этим записям и по микросейсмам согласуются. Территория города Ленинакана, а также северо-западного участка характеризуется высоким уровнем микросейсм, а преобладающие периоды на участках 1, 2, 3 отличались друг от друга в пределах 10-20%.

Юго-восточный же участок имеет более умеренный фон микросейсм, а преобладающие периоды смещены в сторону высоких частот.

А.А.Авагимов (Ашхабад, СССР)

ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ПОДСИСТЕМА ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ ГЕОДИНАМИКИ: МЕТОДОЛОГИЯ, ИНФОРМАТИВНОСТЬ, МОНИТОРИНГ

В системе диагностики динамического состояния геофизической среды рассматриваются вопросы композиции электромагнитной подсистемы.

Обосновывается (реализованный на полигоне) методологический принцип комплексирования динамических характеристик среды, пространственно-временная связь и взаимообусловленность которых объединены рамками предложенной флюидодинамической модели генерации временных изменений электромагнитных параметров: электропроводность, электропотенциалы, геомагнитное поле.

На основе оптимальной совмещенной системы регулярных натуральных наблюдений, реализованной в зоне глубинного Копетдагского разлома, комплекс позволяет выявить динамику электромагнитных параметров среды на уровне деятельности выделенных геоэлектрических неоднородностей различного пространственного масштаба. Комплекс обеспечивает получение обобщенных, физически обоснованных результатов внутри данной информационной подсистемы, отображающий единый электромагнитный процесс, и репрезентативных для сопоставления с информационной геофизической системой исходных данных в целом. Приводятся данные анализа натуральных исследований.

На основе установленной количественной связи приливных деформаций земной коры и временных изменений электропроводности обсуждаются реальные схемы реализации мониторинга для исследования тонкой структуры временных изменений электропроводности и диагностики среды в очаговой зоне прошедшего землетрясения.

А.А.Авагимов, Т.А.Аширов, Б.Н.Гаипов, Д.О.Кузьмин, М.К. Курбанов, В.С.Орлов (Ашхабад, СССР)

ПРОГНОЗ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ В ТУРКМЕНИСТАНЕ

В настоящее время исследования по прогнозу землетрясений в Туркменистане включают: а) создание и совершенствование полигонных систем комплексных сейсмологических,

геофизических, геодезических и др. наблюдений в основных сейсмически активных районах; б) выявление предвестниковых эффектов различной природы с обеспечением единства метрологических характеристик; в) установление механизма формирования предвестниковых явлений в конкретных сеймотектонических и геодинамических условиях.

Наличие совокупности методов, обладающих различной пространственно-временной детальностью позволяет комплексно оценивать аномальные ситуации и, в частности, наметить пути решения одной из центральных задач сейсмического прогноза - выявление средне- и краткосрочных предвестников землетрясений. Приведены примеры выявленных предвестниковых эффектов.

Ретроспективный анализ, последовательная селекция данных и положительный опыт по среднесрочному прогнозу землетрясений в реальном масштабе времени указывает на необходимость совершенствования методов комплексной обработки сейсмопрогностической информации, направленного на районирование аномальных ситуаций с учетом, когда в окрестности измерительных систем идет процесс подготовки одновременно нескольких сейсмических событий, различающихся по энергии и размеру зоны подготовки землетрясений.

Рассмотрено место мобильных систем наблюдений в прогностических исследованиях в зонах возможных ожидаемых землетрясений в пределах сейсмоактивных районов Туркменистана.

Н.Д.Авраменко (Минск, СССР)

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ СМЕЩЕНИЙ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ НА РЕЧИЦКОМ НЕФТЯНОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ

С 1980 года на Речицком нефтяном месторождении предприятием ГУТК проводятся повторные геодезические работы по изучению современных движений земной поверхности.

Созданы нивелирная сеть, представляющая собой систему линий, пересекающих нефтяное месторождение, Речицкий региональный тектонический разлом и образующих 19 замкнутых полигонов на общей площади около 600 км². По результатам пяти циклов повторного нивелирования была выявлена тектоническая активность Речицкого регионального разлома с периодичностью 2,5-3 года и намечены отличительные особенности

современных движений земной поверхности для техногенных и тектонических факторов.

Для исследования горизонтальных смещений современных движений земной поверхности в пределах месторождения были созданы две локальные сети для линейно-угловых наблюдений, которые пересекали Речицкий региональный разлом. В 1986 и 1987 гг. было выполнено два цикла линейноугловых измерений по методике первого класса для угловых измерений с измерением всех линий светодальномерами "Кварц" и "Теодиметр-8". В 1988 году было выполнено два цикла линейных измерений светодальномерами СТ-5.

После обработки результатов измерений 1986-1987 гг. на ЭВМ выявлена общая тенденция сжатия сетей к центру месторождения, величины векторов смещения пунктов достигают 10-15 мм. Анализ результатов измерений двух циклов 1988 года выявил сжатие сетей к центру разлома с величиной векторов смещений от 10 до 35 мм.

Полученные результаты могут указывать на наличие как техногенного фактора смещений (1986-1987 гг.), так и тектонического (1988 г.), что потребует дальнейшего подтверждения результатами последующих циклов наблюдений.

Г.М.Авчян^{х)}, А.К.Урупов^{хх)}, Г.В.Маркосян^{х)}, В.И.Богоявленский^{хх)} (^хЕреван, ^{хх}Москва, СССР)

МОДЕЛЬ ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ СРЕДЫ С ПРОСТРАНСТВЕННО-НАПРАВЛЕННОЙ ПАЛЕОМАГНИТНОЙ АНИЗОТРОПИЕЙ И ЕЕ ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ

Впервые результатами теоретических исследований, данными математического и физического моделирования и полевых геофизических наблюдений, а также лабораторными экспериментами показано, что направленная анизотропия физических свойств пород является функцией возраста и направления геомагнитного поля эпохи и места их формирования. Анизотропия является следствием возникновения в породе "палеомагнитной" сложности, обусловленной пространственной ориентацией частиц в процессе их осаждения, направленной магнитострикцией, распределением напряжений при намагничивании и сопровождается унаследованной разломной и складчатой тектоникой.

Палеомагнитной природой анизотропии удалось объяснить факты поворота горизонтальных сечений индикатрис пластовой скорости при переходе от древних отложений к более молодым, ортогональность систем региональной трещиноватости и их повороты, согласующиеся с изменением направления на древний магнитный полюс, простираание структур и зон трещиноватости и другие геологические данные, трудно поддающиеся истолкованию. Полевые наблюдения на круговых и радиальных профилях вблизи глубоких скважин с регистрацией прямых волн, сейсмические наблюдения на преломленных волнах в северных морях СССР показали согласованность форм индикатрис кинематических и динамических параметров волн с данными палеомагнитологии и геотектоники. Обнаружена устойчивая асимметрия индикатрис, обусловленная наклоном палеомагнитного вектора.

Открытие данного явления создает физическую основу нового направления в геофизике по решению различных геолого-геофизических задач.

В.Ж.Агаронян^х), Э.Г.Геодакян^х), М.А.Данилова^{хх}), С.Л.Кнга^{хх})
(^хЛенинакан, ^{хх}Москва, СССР)

МЕХАНИЗМЫ ОЧАГА АФТЕРШОКОВ СПИТАКСКОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ

В работе исследуются механизмы очага афтершоков Спитакского землетрясения, происшедшего 7 декабря 1988 года. Фокальные механизмы были получены на основе данных о знаках первых вступлений Р- и, в ряде случаев, SV - и SH -волн на сейсмических станциях армянской сети и о знаках Р-волн на азербайджанских и грузинских сейсмостанциях. Получено около 200 решений фокальных механизмов землетрясений, начиная с 7 декабря 1988 года с $K \geq 8$. Полностью представительными являются механизмы очага землетрясений с $K \geq 11$. Для афтершоков с $K=10$ определено около 70% механизмов очага. Кроме того, построен механизм очага форшока Спитакского землетрясения, происшедшего 6 декабря в 15 ч. 27 м.

Можно отметить изменение характера движений в афтершоках в различные периоды времени после главного толчка. В первые сутки после главного толчка, 7 декабря, после сильного взбросового движения в главном толчке, хорошо наблюдающегося на поверхности, преобладающим типом движения в

афтершоках является сбросовый и сдвиговый характер движения. Начиная с 8 декабря типы подвижек в афтершоках меняются. Большая часть афтершоков относится к взбросовому типу движений. Наблюдаются также механизмы сдвигового типа и значительное число механизмов взбросового типа (т.е. с вертикальным движением по близвертикальной плоскости).

Можно также выделить характерные направления плоскостей подвижек для различных участков афтершоковой зоны. Для центральной ее части характерными являются плоскости подвижки близкие к направлению плоскости главного толчка, т.е. близширотные плоскости, по которым происходили взбросовые движения с правосторонним сдвигом. Для западной части характерны правосторонние взбросо-сдвиги по северо-западному - юго-восточному или близширотному направлению. В восточной части наблюдаются правосторонние сдвиги или взрезы по крутым плоскостям с северо-западным - юго-восточным направлением простиранья.

Полученные результаты могут являться основой создания модели афтершокового процесса Спитакского землетрясения.

К.Б.Алдамжаров, М.Т.Тусупов (Алма-Ата, СССР)

УПОРЯДОЧЕННО-ТРЕЩИНОВАТАЯ МОДЕЛЬ ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ СРЕДЫ

Геофизическая среда представляет собой слоистую и неоднородную по механическим свойствам среду, содержащую различные системы тектонических трещин (щелей). Существующие модели среды, как изотропные и однородные среды, не учитывают влияния трещиноватости, слоистости и блоковой структуры на изменение напряженно-деформированного состояния, которое предопределяет подготовку сейсмического процесса.

Разработана математическая модель геофизической среды со сложной структурой, приведенные упругие параметры которой зависят от упругих параметров однородной среды и геометрических характеристик систем щелей. Исследования напряженного состояния такой среды со сложной структурой вокруг разлома, вдоль которого происходит землетрясение, сводится к исследованию напряженного состояния бесконечной эквивалентной плоскости вокруг прямолинейной макротрещины.

Как пример приложения разработанной модели решена

краевая задача теории упругости для бесконечной плоскости, ослабленной макротрещиной с контактирующими противоположными берегами в условиях сжатия. Выяснено влияние упругих параметров (модуля упругости, коэффициента Пуассона) и геометрических характеристик упорядоченных систем щелей (длины щели, условия контакта, угла наклона системы) на напряженное состояние среды с трещиной.

А.Л.Алейников^х), О.В.Беллавин^х), А.А.Кузнецов^х), Б.П.Рыжий^х), И.Ф.Таврин^х), В.Р.Яценко^{хх}) (^хСвердловск, ^{хх}Москва, СССР)

ДИНАМИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ НОВЕЙШЕГО И СОВРЕМЕННОГО ТЕКТОГЕНЕЗА УРАЛА

На Урале выполнен комплекс разнообразных геолого-геофизических исследований. Получен широкий спектр данных, характеризующих его строение, историю и динамические условия развития на различных этапах тектогенеза. Результаты геоморфологических и геодезических исследований свидетельствуют о заметном воздымании Урала относительно соседних платформ в неоген-четвертичное время. Интересно, что южной части Среднего Урала соответствуют минимальные амплитуды вертикальных движений, а сейсмическая активность здесь повышена. Парадоксальность этого соотношения объясняется особенностями напряженного состояния земной коры. Оно связано с динамическим влиянием клинообразного платформенного выступа в условиях горизонтального сжатия литосферы. Вследствие концентрации скальвающих напряжений здесь формировались разломы преимущественно типа сдвигов. Некоторые из них выражены геоморфологически, а также в рисунке изолиний скоростей современных движений, к ним приурочены эпицентры многих землетрясений. Сжатием определяется антиизостатический характер современных вертикальных движений на Урале, выжимание и вдавливание тектонических клиньев.

Скорость и направление вертикальных движений по данным многократных нивелировок изменяются во времени, что, вероятно, связано с усилением или ослаблением сжимающих напряжений, возможно обусловленными изменением скорости вращения Земли.

С.И.Александров^х), В.А.Безгодков^{хх}), А.Г.Гамбурцев^х), Н.Г. Гамбурцева^х), А.В.Горбатилов^х), Н.А.Долбилкина^х), В.Л.Киселевич^х), Ю.О.Кузьмин^{хх}), А.В.Николаев^х), Г.А.Пантелева^х), В.Б.Преображенский^х), В.А.Сидоров^х), В.С.Соловьев^х), С.П. Стародубовская^х), С.Л.Цванг^х), С.В.Курсин^{ххх}), О.Б.Хаврошкин^х), В.В.Цылаков^х) (^хМосква, ^{хх}Ашхабад, ^{ххх}Тюмень, СССР)

О ЗАКОНОМЕРНОСТЯХ, ПРИСУЩИХ СОВРЕМЕННЫМ ГЕОДИНАМИЧЕСКИМ ПРОЦЕССАМ

Исследованы закономерности современных геодинамических процессов в сейсмоактивных и платформенных районах. Используются данные сейсмического и геодезического мониторинга, полученные авторами, и некоторые другие данные. Выяснено, что общий характер этих закономерностей в разных типах сред может быть близким, обусловленным набором ритмов, характерных для данного объема среды и рассматриваемого промежутка времени. Суперпозиция гармоник формирует временные ряды, образуя в ней аномальные и спокойные периоды, периоды самоорганизации и хаоса, точки бифуркации. Аномалии могут быть обусловлены суперпозицией вариаций и не быть связаны с подготовкой конкретных землетрясений. В эти интервалы времени в сейсмоактивных районах имеет смысл повышать частоту опроса, чтобы уловить аномалии - предвестники. Изложенный подход позволяет составить синтетические временные ряды, повышающие эффективность прогноза (особенно с применением методов многомерной статистики). Формулируются задачи, имеющие научное и прикладное значение. Они касаются прогноза землетрясений, возбужденной сейсмичности, связанной с деятельностью человека (строительство плотин, разработка месторождений и т.п.), поиска и разведки полезных ископаемых и т.д. Приводятся примеры.

С.И.Александров, А.Г.Гамбурцев, О.Б.Хаврошкин, В.В.Цылаков (Москва, СССР)

ЭЛЕМЕНТЫ ХАОСА И САМООРГАНИЗАЦИИ ДЕТЕРМИНИРОВАННЫХ ДЕФОРМАЦИОННЫХ ВОЛН В ЗЕМНОЙ КОРЕ

Цикличность природных явлений в том числе и деформационных полей и волн общеизвестна. Получены фундаменталь-

ные результаты по динамике нелинейных сложных открытых систем с диссипацией. Представляет интерес анализ свойств детерминированных волн деформаций в земной коре, обусловленных, в основном, лунно-солнечными приливными воздействиями. Обработке подвергались временные ряды вариаций таких геофизических параметров среды, как коэффициент Пуассона, полученный по данным региональной сейсмичности, скорости сейсмических волн от взрывов, уровню высокочастотных сейсмических шумов. Анализировались данные по Южному Таджикистану и Туркмении. Окончательные результаты получены с применением периодограммного, спектрального, спектрально-временного анализа; также строились фазовые портреты процессов, оценивалась энтропия Колмогорова-Синяя и число степеней свободы Фурье спектра. Обнаружены новые свойства деформационных волн и полей Земли:

1. Наблюдаются элементы хаоса и самоорганизации, возникающие по известным к настоящему времени сценариям хаотизации, причем, обычно происходит параллельное развитие или существование двух и более.

2. Существует модифицированный сценарий Фейгенбаума - одновременный переход процесса к хаосу не только через удвоение периода, но и через утроение или пятикратное увеличение.

3. Обнаруженные особенности деформационных полей допускают существование нового сценария их хаотизации через параметрические изменения состояния системы, последующего смещения фазовых траекторий и их последующего перескока, например, через механизм синхронизации на другой предельный цикл. Дальнейшая смена цикла может произойти уже из-за десинхронизации при конкуренции нелинейных мод в системе с общим энергетическим источником (первичными приливными волнами).

А.С.Алексеев, Л.В.Бурый, Б.М.Глинский, В.В.Ковалевский,
В.Н.Мартынов, Б.Г.Михайленко, Б.М.Пушной(Новосибирск, СССР)

КОМПЛЕКС ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ПРЕЦИЗИОННОГО ВИБРАЦИОННОГО
ЗОНДИРОВАНИЯ ДЛЯ СЕЙСМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

Рассматриваются вопросы построения инструментального

комплекса для прецизионного вибросейсмического зондирования для обнаружения изменений структуры волновых полей, обусловленных аномальными изменениями в предполагаемых очагах землетрясений и извержений на фоне естественной динамики литосферы. Обсуждаются вопросы построения мощных широкополосных сейсмических гидрорезонансных вибраторов с вертикальной и горизонтальной поляризацией, прецизионных систем управления этими вибраторами, комплекса аппаратуры для площадного сбора вибросейсмической информации, полевого вычислительного комплекса для обработки площадных режимных наблюдений при сейсмомониторинге и создания банков данных.

Предлагаются математические модели вибросейсмического мониторинга и методики обнаружения аномальных изменений в очаговых зонах на основе поляризационных эффектов.

С.С.Арефьев, В.М.Грайзер, К.Г.Плетнев, Р.Э.Татевосян,
Н.В.Шебакин (Москва, СССР)

СЕЙСМИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ОЧАГОВОЙ ЗОНЫ СПИТАКСКОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ

1. Эпицентральные наблюдения, организуемые после сильного землетрясения, имеют целью изучение геологической обстановки и особенностей проявления землетрясения в ближайшей зоне и регистрацию его повторных толчков, что необходимо для решения двух задач: а) построения динамической модели очага землетрясения в его развитии; б) определения типа поведения очага во времени и пространстве и прогноза возможного нового сильного или сильнейшего толчка.

2. Сейсмический мониторинг очага Спитакского землетрясения осуществлялся на основе текущего каталога афтершоков, формировавшегося в почти реальном времени (задержка, как правило, 1 сутки, но не более 3 суток). Элементами мониторинга были: суточные карты эпицентров, пространственно-временные миграционные схемы, вариации средних значений сейсмической активности и сейсмической дробности, концентрация специфических короткопериодных афтершоков. В дальнейшем мониторинг должен включать вариации короткоживущих структур сейсмичности зоны афтершоков, ряд динамических признаков индивидуальной записей (доля событий с неодноактным вспарыва-

нием, доля событий очень вялыми очагами и др.).

3. Данные, полученные в декабре - феврале позволяют утверждать, что возникновение нового землетрясения той же или большей магнитуды в зоне Спитакского землетрясения в течение ближайшего времени маловероятно.

Г.Г.Арешидзе^{х)}, П.Ф.Биаджи^{хх)}, Д.О.Зилпимияни^{х)}, Г.В.Кум-
сиашвили^{х)}, П.В.Манджгаладзе^{х)}, Г.Меликадзе^{х)}, В.Стринья^{хх)},
В.С.Чкуасели^{х)} (^хМосква, СССР; ^{хх}Рим, Италия)

НАБЛЮДЕНИЯ ВАРИАЦИЙ ЭМИ, СОДЕРЖАНИЯ ГЕЛИЯ И УРОВНЯ ВОДЫ В СКВАЖИНЕ НА ТЕРРИТОРИИ ГРУЗИИ ДО И ПОСЛЕ СПИТАКСКОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ

Наблюдения ЭМИ проводились в Вардзия (примерно 85 км от эпицентра Спитакского землетрясения) на глубине 65 м от дневной поверхности с помощью аппаратуры, разработанной совместно итальянскими и советскими геофизиками. Диапазон частот $3 \cdot 10^2 + 3 \cdot 10^5$ Гц.

Сроки наблюдения ЭМИ август 1988 - март 1989 гг.

Наблюдения гелия проводились в термальных водах Вардзия, Тбилиси, Кварели с дискретностью один раз в сутки.

Представлены данные с января 1988 г. по март 1989 г.

Наблюдения вариаций уровня воды проводились в глубокой (3,5 км) скважине близ г. Марнеули в непрерывном режиме.

Представлены данные с октября 1988 г. по март 1989 г.

Во всех временных рядах наблюдений четко выделяются аномальные участки. Обсуждаются корреляция между аномалиями разных геофизических полей и их причастность к процессам подготовки и реализации Спитакского землетрясения.

Н.А.Арманд^{х)}, В.Ф.Бахтиаров^{хх)}, В.П.Бисярин^{хх)}, В.Е.Левин^{хх)},
В.Е.Ломакин^{х)}, А.В.Сапрыкин^{хх)}, С.В.Тараканов^{х)}, В.Б.Эн-
ман^{х)} (^хМосква, ^{хх}Петропавловск-Камчатский, СССР)

ПРИМЕНЕНИЕ ДАЛЬНОМЕРА-РЕФРАКТОМЕТРА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЙ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ НА ПЕТРОПАВЛОВСК-АВАЧИНСКОМ ПОЛИГОНЕ (КАМЧАТКА)

На Петропавловск-Авачинском геодинимическом полигоне,

из обсерватории "Мишенная" с 1979 года проводятся круглогодичные измерения светодальномерами типа СТ-3, Геодиметр, СП-2. Цель измерений - изучение поля деформаций земной поверхности и поиск предвестников сильных землетрясений с магнитудой больше 7. Точность таких измерений оценивается величиной $(5-8) \cdot 10^{-7}$.

С 1987 года параллельно с наблюдениями одноволновыми дальномерами проводятся измерения двухволновым светодальномером-рефрактометром. Этот прибор позволяет уверенно проводить измерения с большей точностью, упростить технологию измерений, а также дает возможность автоматизировать получение квазинепрерывного ряда светодальномерных данных.

Приводятся результаты испытаний дальномера-рефрактометра, сравнительные с одноволновыми приборами измерения, а также данные по деформациям линий от 4 до 17 км.

Для одной из линий зафиксировано изменение длины на величину $20 \cdot 10^{-7}$ при точности измерений двухволновым дальномером порядка $3 \cdot 10^{-7}$.

А.В.Арутюнян (Ереван, СССР)

ГЕОДИНАМИКА ОФИОЛИТОВ МАЛОГО КАВКАЗА ПО ДАННЫМ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ БАЗИТОВ И УЛЬТРАБАЗИТОВ ПРИ ВЫСОКИХ ТЕРМОБАРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРАХ

Геодинамические процессы, происходящие в земной коре и верхней мантии, имеют весьма сложную и в настоящее время мало известную природу. Среди этих процессов проблема формирования офиолитовых структур занимает определенное место.

В познании становления различных структур земной коры немаловажное место занимают петрофизические исследования при высоких термобарических параметрах. На основе таких исследований для некоторых сейсмоопасных зон территории Армении нами были предложены петрофизические разрезы, которые послужили основой для предложения схем образования офиолитовых структур Малого Кавказа.

По нашим представлениям, при формировании этих структур важная роль принадлежит находящимся в подошве земной коры серпентинизированным ультрабазитам. Обладая низкой плотностью и высокой пластичностью, серпентинизированные по-

роды внедряются как диапировые структуры в верхние горизонты земной коры. Предлагаются два варианта их образования: а) в виде глубинных офиолитовых поддвигов, когда вследствие горизонтальных сжимающих сил происходит поддви́г литосферных блоков, б) в виде офиолитовых параавтохтонов, образование которых происходит по глубинным разломам.

Зона Спитакского землетрясения от 7 декабря 1988 г. расположена в основном в Севано-Амасийском офиолитовом поясе, недалеко от эпицентра находится офиолитовый выход. Предполагаемые нами геодинамические процессы, происходящие на больших глубинах, естественно послужат причиной для возбуждения близповерхностных кратковременных процессов.

П.А.Атрушкевич, Н.Б.Калабаев, А.Нурмагамбетов, П.А.Остро-
пи́ко (Алма-Ата, СССР)

СОПОСТАВЛЕНИЕ ВАРИАЦИИ ДЛИН ЛИНИЙ НА ДЕФОРМАЦИОННОЙ ПЛОЩАД- КЕ АЛМА-АТИНСКОГО ГЕОДИНАМИЧЕСКОГО ПОЛИГОНА С НЕКОТОРЫМИ ПАРАМЕТРАМИ СЕЙСМИЧЕСКОГО РЕЖИМА

Сопоставление результатов изучения горизонтальных деформаций земной поверхности с параметрами сейсмического режима представляет большой интерес не только в методическом плане, но и для решения задач, связанных с оценкой степени сейсмической опасности района.

Для характеристики сейсмичности был выбран локальный район, включая деформационную площадку, в пределах Алма-Атинского полигона, площадью около 2500 кв.км. Основным критерием для выделения района послужили пространственное распределение землетрясений - конфигурация активной зоны и группирование эпицентров.

В качестве параметров, характеризующих сейсмический режим данного района, использованы: количество зарегистрированных слабых землетрясений и микротолчков ($K \geq 4$), высвобожденная энергия землетрясений, условные деформации (график Бензо́ффа).

Сопоставление временных рядов указанных параметров сейсмического режима совместно с распределением во времени длин линий на деформационной площадке показало, что несомненная связь зарегистрированных горизонтальных движений

земной поверхности с ходом сейсмичности Приалмаатинского сейсмического района. Синхронные проявления особенностей временных рядов свидетельствуют об их связанности единой системой, кроющейся в одинаковой природе.

П.А.Атрушкевич, В.Д.Лотоцкий (Алма-Ата, СССР)

ПОИСК ПРЕДВЕСТНИКОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ В АЛМА-АТИНСКОМ СЕЙСМИЧЕСКОМ РАЙОНЕ (ПО МАТЕРИАЛАМ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ)

На основании предложенной авторами методики исследования современных движений земной поверхности в сейсмоактивном районе и выполненных по ней геодезических наблюдений дается анализ вертикальных движений земной поверхности в зоне активного структурообразующего разлома при подготовке землетрясений различного энергетического класса.

Из анализа геодезических измерений в зоне Предгорного разлома были получены следующие сведения: в периоды сейсмической активности района наблюдаются аномальные изменения превышений, колеблющиеся от 8 до 25 мм, на профиле длиной 3,5 км; величина ΔH зависит от силы и удаленности землетрясения. Характерно, что аномалия ΔH , выраженная поднятием группы реперов, расположенных на южном борту Предгорного разлома, и продолжавшаяся 40-60 суток, заканчивается землетрясением средней силы. Удаленные сильные землетрясения проявляются в виде высокоградиентной аномалии ΔH с периодом 90-120 суток. Зафиксированные аномалии ΔH не всегда завершаются землетрясениями, но все землетрясения выражаются аномалиями.

По данным СВДЗП был выполнен гармонический анализ рядов наблюдений и предложен один из вариантов модели движений блоков по Предгорному разлому.

Т.А.Аширов (Ашхабад, СССР)

ТЕПЛОВЫЕ ПРОЦЕССЫ В ЗОНАХ ПОДГОТОВКИ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

Процессы деформирования различных типов массивов горных пород и подготовки землетрясений в условиях сложного напряженного состояния блоков земной коры, как показали

экспериментальные исследования, приводят к значимым временным аномалиям в структуре геофизических полей, в том числе и теплового поля. В работе обобщаются результаты режимных геотермических наблюдений на Апхабадском геодинамическом полигоне и рассмотрено влияние различных геодинамических процессов на характер формирования временной структуры геотермического поля в зонах подготовки землетрясений.

Выявлены особенности тонкой структуры временных вариаций геотермического поля во время естественных и искусственных сейсмотектонических воздействий на геологическую среду. Экспериментально обнаружено явление импульсного теплового выделения в зонах активных разломов, проявляющееся, в основном, в период подготовки сейсмических событий. Предложена феноменологическая модель этого явления, базирующаяся на представлении о формировании дополнительного тепла за счет тектонического трения и изменения флюидодинамического режима при перераспределении структуры естественной трещиноватости в массивах горных пород в поле локальных напряжений и деформаций.

Рассмотрено и определено место режимных геотермических исследований в общем комплексе работ по прогнозу землетрясений.

А.Г.Бабаджян, Г.С.Гаспарян, С.С.Симонян (Ленинакан, СССР)
ОСОБЕННОСТИ ВНУТРЕННЕГО СТРОЕНИЯ ЗОНЫ ЕРЕВАНСКОГО ГЛУБИННОГО РАЗЛОМА В СВЯЗИ С ЕЕ СЕЙСМИЧНОСТЬЮ

Разрывные нарушения являются одной из существенных форм новейшей структуры литосферы Армянской ССР, обусловившие ее блоковое строение и современный орографический план.

Одной из таких структур, контролирующей сейсмичность в Армении, является зона Ереванского глубинного разлома, выделенная на основе комплекса геологических, геофизических, сейсмологических, космических и др. данных. Она является зоной сочленения двух крупных мегаблоков земной коры (Среднеараксинского и Центрального), различающихся глубинным строением, историей геологического развития, а также интенсивностью современных геодинамических процессов (сейсмичность, вулканизм, тепловой поток, современные движения и

т.д.) Указанная зона при крупномасштабных геофизических исследованиях выражается парными параллельными разломами, прослеживаемыми в северо-западном направлении и отстоящими друг от друга на расстоянии 15-20 км.

В пределах этой зоны выявлена система разрывных нарушений СЗ-ЮВ и ЮЗ-СВ направлений, вследствие чего фундамент и более глубинные слои земной коры расчленены на ряд поднятых и опущенных блоков, различающихся как по строению, так и по геодинамике. Вследствие этого наблюдается неравномерное проявление сейсмичности вдоль простирания зоны глубинного разлома, выражающаяся в том, что два отдельных фрагмента (блоки) разлома характеризуются более высокой сейсмической активностью, чем остальные.

А.Г.Бабаджян, С.М.Оганесян, А.О.Оганесян (Ленинакан, СССР)
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГРАВИМЕТРИИ В ИЗУЧЕНИИ ГЛУБИННОГО СТРОЕНИЯ
И ГЕОДИНАМИКИ ТЕРРИТОРИИ АРМЯНСКОЙ ССР

В настоящее время наиболее полные данные о глубинном строении земной коры территории Армянской ССР получены на основе гравиметрических и сейсмологических исследований со станциями "Земля" и "Черепаха". Опыт многолетних исследований в различных регионах СССР показывает, что комплексная интерпретация гравиметрических и сейсмических данных является важным средством для снижения многозначности и повышения достоверности построения разрезов земной коры.

В результате качественного и количественного анализа гравитационного поля с использованием геологических, сейсмологических, магнитных, аэрокосмических, геодезических и других геофизических данных составлена схема глубинного строения земной коры территории Армянской ССР. Показано, что территория республики характеризуется гетерогенным строением земной коры, выражающимся в том, что система разломов различных простираний и глубин заложения расчленяется на блоки различного порядка. Устанавливается уменьшение количества блоков на глубине.

По имеющимся данным о сейсмичности и скоростях современных вертикальных движений земной поверхности, а также изменениям во времени геофизических полей произведена оценка отно-

сительной геодинамической активности блоков и разграничивающих их зон разломов.

А.Л.Багмет (Москва, СССР)

АНОМАЛЬНЫЕ НАКЛОНЫ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ КАК ПРЕДВЕСТНИКИ БЛИЗКОГО ОЩУТИМОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ

Наблюдения проводились в шурфе глубиной 25 м вблизи Передового разлома Копетдага. Аномальные наклоны в виде сдвигов записи, эквивалентных наклонам на $0,01$ сек. дуги начали наблюдаться за месяц до землетрясения $K = 12,4$, $\Delta = 20$ км $5.07.87$ г. До этого наблюдения проводились в течение 8 месяцев, а аномальных наклонов не наблюдалось. За сутки и за 10 часов до землетрясения были зарегистрированы аномальные наклоны порядка секунд дуги, которые сопровождались повышением температуры почвы в шурфе на глубине 25 м на $0,1^{\circ}\text{C}$ при точности цифрового отсчета $0,01^{\circ}\text{C}$. Энергетическая характеристика процесса, вызвавшего аномальные наклоны, связана с сейсмичностью региона - чем интенсивнее наклоны, тем выше сейсмичность.

Сделан вывод, что наблюдались наклоны, вызванные колебаниями тектонического блока, на котором расположена станция.

После землетрясения аномальные наклоны наблюдались в течение полугода, после чего исчезали и не наблюдаются до настоящего времени.

А.Л.Багмет, М.И.Багмет (Москва, СССР)

РЕЖИМ ПОДЗЕМНЫХ ВОД, ЗЕМНЫЕ ПРИЛИВЫ И ПРЕДВЕСТНИКИ СИЛЬНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

Рассмотрен режим подземных вод в скважинах вблизи Передового разлома Копетдага. Показано, что даже скважины, расположенные рядом, имеют существенно различную чувствительность к процессам подготовки сильных землетрясений. Исследуемые скважины расположены на расстоянии 3,5 км друг от друга и уровни воды в них реагируют на приливные деформации земной коры. Был выполнен спектральный анализ приливных колебаний уровней в обеих скважинах, который показал, что у

скважины, чувствительной к геодинамическим процессам, спектральная картина непостоянна во времени, т.к. наблюдаются перетоки воды между различными разوناпорными горизонтами.

Сделан вывод, что наблюдения за колебаниями уровней подземных вод с целью поисков предвестников землетрясений следует проводить только в тех скважинах, которые соединяют собой разонапорные водоносные горизонты (комплексы). Спектральный анализ приливных колебаний уровней дает возможность отобрать "информативные" скважины с точки зрения поисков предвестников землетрясений.

Л.Банья (Шопрон, ВНР)

РОЛЬ ТЕОРИИ УПРУГОЙ ОТДАЧИ В ПРОЕКТИРОВАНИИ И ОЦЕНКЕ ВЕЛИЧИН СМЕЩЕНИЙ ДЕФОРМАЦИОННЫХ СЕТЕЙ

Анализируется с геодезической точки зрения теория упругой отдачи для мелких тектонических землетрясений, предложенная Х.Рейдом, как исчерпывающее описание деформаций во времени вдоль активных разломов.

Суммируются выводы по проектированию сети и оценки данных наблюдений с помощью уравнивания свободной сети.

Предложенная методика имеет ряд преимуществ в случае, когда уровень шума в наблюдениях близок к ожидаемым деформациям.

Г.Барта, Банья Л., И.Зомпо, Г.Папп (Шопрон, ВНР)

ГЕОДИНАМИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ В ЛОКАЛЬНЫХ РАЙОНАХ

Для безопасности больших промышленных районов следует использовать контролирующие геодезические сети для слежения за движениями окружающих территорий. Контролирующие сети следует размещать в возможно тектонически активных частях территорий.

В докладе предложен метод размещения сети и сбора информации на ней. Метод основан на предположении, что регистрируемый сигнал вызван тектоническими нарушениями. Предполагается, что общий сигнал присутствует в геофункции территории, подобно топографическим, гравитационным, магнитным и другим аномалиям и для того, чтобы выделить этот общий сиг-

нал используется гармонический анализ.

Процесс продемонстрирован на практическом материале и проконтролирован данными сейсмологических исследований.

В.Ф.Бахтиаров, В.Е.Левин (Петропавловск-Камчатский, СССР)

СВЕТОДАЛЬНОМЕРНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ ИЗ ОБСЕРВАТОРИИ "МИШЕННАЯ". АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ НАБЛЮДЕНИЙ

Светодальномерные измерения из обсерватории "Мишенная" проводятся с 1979 года в среднем еженедельно. Длина измеряемых линий от 7 до 50 км. Приводятся данные о деформациях земной поверхности по линиям полигона.

Выделены тренды со скоростями по разным линиям от 0,3 до 2 единиц 10^{-7} в год. Выявлены гармоники с периодами 0,7; 1,0; 2,5; 5 лет. Отметим, что годовая гармоника имеет значительную амплитуду только для двух из десяти линий.

Результаты измерений подтверждают наличие структурной неоднородности на исследуемом полигоне, выявленной другими геофизическими методами.

Показано, что деформации связаны с сейсмичностью региона - увеличению сейсмической активности предшествует сжатие полигона в некоторых направлениях.

Представлены реакции измеряемых линий на землетрясение 7.10.87 с магнитудой 6,6 на расстоянии 100 км от обсерватории.

А.А.Бдоян, А.К.Юханян, В.А.Сулханян, С.Х.Мардян (Ереван, СССР)

АППАРАТУРА ДЛЯ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ФАЗОВЫХ ПРЕВРАЩЕНИЙ В ГОРНЫХ ПОРОДАХ И МИНЕРАЛАХ

При проведении экспериментов в условиях высоких температур и давлений число применяемых способов для определения фазовых превращений в испытуемом веществе резко сокращается и ограничивается методом закалки фаз и рентгеновским из-за сложности аппаратного обеспечения. В связи с этим была поставлена задача разработать методику и аппаратуру для исследований процессов фазовых превращений при высоких давлениях и температурах ультразвуковым методом, как наиболее

информативном при изучении кинетики процесса.

Разработана методика и аппаратура, непосредственно измеряющая зависимость величины акустической энергии, падающей на приемный преобразователь от времени, которая может быть оценена как сумма квадратов тока и напряжения на выходных зажимах преобразователя. Работа аппаратуры основана на когерентном накоплении сигнала, принятого приемным преобразователем по отношению к возбуждающему импульсу. Всеми указанными функциями управляет встроенный в прибор контролер, одновременно осуществляющий связь с мини-ЭВМ.

С использованием разработанной аппаратуры изучены фазовые превращения в кварце, серпентините, граните, обсидиане и в модельных системах. Причем при исследовании веществ с известными заранее параметрами фазовых превращений появилась возможность калибровки камеры высокого давления по сжимающему усилию, что позволило данную методику рекомендовать также для калибровки "горячих камер" по давлению.

А.Г.Бегларян^X), А.А.Генике^{XX}), Р.А.Мовсесян^X), Г.И.Погосян^X),
А.С.Сушков^{XX}), Р.А.Татевян^X) (^XЕреван, ^{XX}Москва, СССР)

ИНТЕРФЕРЕНЦИОННЫЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИЙ БАЗИС, РАСПОЛОЖЕННЫЙ В ТОННЕЛЕ

В рамках реализации многолетней программы построения в СССР разветвленной сети метрологических базисов различной протяженности и различного класса точности совместными усилиями Ереванского политехнического института и Центрального научно-исследовательского института геодезии, аэросъемки и картографии создан высокоточный интерференционный метрологический базис, расположенный в штольне Геодезической обсерватории Академии наук Армянской ССР.

Штольня пробита в скальном грунте у основания горы. Ее ширина около 2,5 м, а высота около 4 м. Для построения базиса был выбран участок штольни протяженностью около 200 м. Его уклон относительно горизонтальной поверхности составляет около 0,5 м на всю длину базиса, равную $167930,730 \pm 0,008$ мм, полученную из измерений интерферометром фирмы "Хилет Паккард".

Проведение на созданном базисе тщательных исследований

как по изучению влияния различных источников ошибок измерений, так и методики высокоточных линейных измерений, является одной из актуальных задач на ближайшую перспективу.

А.Г.Бегларян, К.А.Закарян (Ереван, СССР)

ЛАТЕРАЛЬНЫЕ СКОРОСТНЫЕ НЕОДНОРОДНОСТИ ВЕРХНЕЙ МАНТИИ КАВКАЗА ПО ДАННЫМ О НЕВЯЗКАХ ТЕЛЕСЕЙСМИЧЕСКИХ Р- и S -ВОЛН

В данной работе содержатся новые результаты исследований скоростной структуры верхней мантии Кавказского региона, характеризующегося сложным геологическим строением и высокой сейсмической активностью.

Построение площадных схем латеральных вариаций V_p и V_s осуществлено методом двумерного картирования скоростных аномалий по данным о невязках телесейсмических Р- и S -волн. При построении схем предполагалось, что латеральные скоростные неоднородности, обусловленные наблюдаемыми невязками времен пробега Р- и S -волн, находятся в верхней мантии на глубине до 250 км. Следует отметить, что скоростная модель по данным S -волн построена впервые в СССР, а скоростная модель по данным Р-волн в целом намного уточнена.

Проведено обсуждение результатов картирования латеральных скоростных аномалий в верхней мантии Кавказа путем геолого-геофизического анализа. Полученные скоростные модели сопоставлены с новейшей тектоникой, с локальными изостатическими аномалиями, с распределением теплового потока, с сейсмичностью, с результатами картирования верхней мантии по поглощению и дешифрированию космических снимков.

Установлена высокая корреляция между распределением теплового потока, локальными изостатическими аномалиями, полем поглощения и латеральными скоростными неоднородностями верхней мантии. Наблюдается приуроченность эпицентров сильных землетрясений с $M \geq 5,8$ к узлам пересечений сейсмоактивных линейментов.

Обнаруженные крупные латеральные скоростные неоднородности проявляют ориентацию, поперечную тектонической зональности региона.

А.Г.Бегларян^х), К.А.Закарян^х), А.В.Николаев^{хх}) (^хЕреван,
^{хх}Москва, СССР)

О ВРЕМЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЯХ СКОРОСТЕЙ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЛН НА МАЛОМ КАВКАЗЕ

В данном сообщении приводятся результаты исследований по выявлению слабых изменений структуры волнового поля, впервые проведенных на Малом Кавказе.

Малый Кавказ обладает ярко выраженным дифференциальным характером новейших движений, вулканизмом и повышенной сейсмической активностью. В связи с этим он служит довольно удобным геодинамическим полигоном для прослеживания динамических эффектов сейсмических волн.

Исследования временных изменений скоростей сейсмических волн проведены по данным кинематических и динамических параметров продольных и поперечных волн от удаленных землетрясений и искусственных источников, зарегистрированных несколькими сейсмическими станциями Малого Кавказа.

Анализ флуктуаций времен пробега и амплитуд продольных и поперечных волн осуществлен методом статистических оценок вторых разностей.

Установлено существенное различие уровней вторых разностей для продольных $\delta\delta\delta t_p$ и поперечных $\delta\delta\delta t_s$ волн, связанных отчасти с более контрастным проявлением временных изменений скоростей поперечных волн. Уровни исследуемых волн ($\delta\delta\delta t_p$, $\delta\delta\delta t_s$, $\delta\delta\delta \ln A$) выявляют различный интервал корреляции по времени и периоду ритма, которые находятся в качественном согласии с данными наблюдений в других районах: в Центральной Калифорнии, на Северном Тянь-Шане и др.

Следует отметить, что исследуемый регион является удивительно удачным объектом: обладает яркими временными изменениями среды, в которых выражены как типовые черты, так и индивидуальные особенности, связанные со спецификой строения литосферы.

В.А.Белокопытов, Т.В.Гусева, А.А.Лукк, Ю.П.Сковородкин,
Ю.А.Трапезников, В.И.Шевченко (Москва, СССР)

СОВРЕМЕННАЯ ГЕОДИНАМИКА И СЕЙСМИЧНОСТЬ РАЙОНА ГАРМСКОГО ПОЛИГОНА В ТАДЖИКИСТАНЕ

1. На территории полигона, включающей смежные части Памира, Тянь-Шаня и разделяющей их Таджикской депрессии, ведутся многолетние сейсмологические, геодезические, магнитометрические и геологические наблюдения. 2. Согласно полученным данным, верхняя часть земной коры региона расслоена на три тектонические пластины, разделенные плоскостями чешуйчатых надвигов. Очаги землетрясений тяготеют к этим плоскостям. 3. Судя по совокупностям механизмов очагов землетрясений, в этой части земной коры преобладает обстановка субгоризонтального сжатия вкрест простирания тектонических структур. В осевой части Таджикской депрессии на глубине 20-35 км выявлено аномальное напряженно-деформированное состояние материала коры, которое указывает, по-видимому, на "раздвижение" этого материала в субгоризонтальном направлении - от осевой части депрессии к ее крыльям. 4. Это "раздвижение" подтверждается геодезическими светодальномерными измерениями, показавшими, что ширина Таджикской депрессии в районе полигона увеличивается. 5. Напряжения субгоризонтального сжатия при увеличении ширины депрессии не могут быть объяснены с позиций гипотезы тектоники плит - сближением Памира и Тянь-Шаня. Предлагается дополнительный источник тектогенеза - увеличение объема горных пород в приосевой части Таджикской депрессии в результате привноса в них дополнительного вещества глубинными гидротермами. 6. На существование таких гидротерм указывают результаты магнитометрических наблюдений. 7. Поскольку, таким образом, геодинамические процессы района полигона (и, тем самым, его сейсмичность) имеют одной из причин флюидомассоперенос в осевой части Таджикской депрессии, изучение последнего необходимо для прогноза землетрясений.

М.А.Блюмин, В.Н.Ростовцев, Р.В.Улитин (Свердловск, СССР)

ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ И ЭЛЕКТРОМЕТРИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДВИЖЕНИЙ ЗЕМНОЙ КОРЫ НА СЕВЕРОУРАЛЬСКОМ ГЕОДИНАМИЧЕСКОМ ПОЛИГОНЕ

Локальный геодинамический полигон заложен в северной части разрабатываемого месторождения, на участке, готовящемся к отработке (3-4 км от действующих шахт). Месторождение со сложными горно-геологическими условиями: тектоника от микротрещин до мощных крутопадающих разрывных нарушений с амплитудой в десятки метров, наличие карста, различная прочность горных пород и руды. При ведении горных работ на глубинах 300-600 м фиксируется значительное количество горных ударов, осложняющих отработку месторождения. Цель исследований на геодинамическом полигоне - изучение деформаций приповерхностных слоев, установление их связи с особенностями блокового строения массива и горно-техническими условиями отработки.

Исследования включают повторные высокоточные нивелировки и электрометрические наблюдения. На основе четырех серий высокоточного нивелирования 26 грунтовых реперов на площади полигона выявлена зона опускания земной поверхности со скоростью до 8 мм/год. По результатам электрометрических исследований, включавших изучение естественного электрического поля, электропрофилирование и вертикальное электрическое зондирование, получены данные о сложном блочном строении массива горных пород и выявлены зоны тектонических нарушений.

Комплексными геодезическими и электрометрическими измерениями установлено, что опускание земной поверхности приурочено к блоку, ограниченному с юго-запада и востока зонами повышенной проницаемости пород. Сделано предположение, что причиной опускания блока является действие горизонтальных сжимающих напряжений, имеющих как тектоническое, так и техногенное происхождение.

Л.И.Боканенко, В.П.Передерин, О.Н.Галаганов (Москва, СССР)

ЛОКАЛЬНЫЕ ДЕФОРМАЦИИ ГАРМСКОГО ПОЛИГОНА И ВОЗМОЖНОСТИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

На примере экспериментальных материалов о локальных деформациях, наклонах земной поверхности и вариаций уровня грунтовых вод предложен один из возможных способов совмест-

ной интерпретации данных, полученных различными методами, с целью среднесрочного прогнозирования землетрясений. В предлагаемом способе - способе точек излома при интерпретации используются лишь характерные особенности реализаций. Для этого в ходе трендовой составляющей выделяются участки, в пределах которых скорость процесса остается практически постоянной. Эти участки осредняются прямыми линиями. Находятся т.н. точки излома - точки пересечения соседних осредняющих прямых. Затем строится распределение во времени точек излома как для отдельных методов исследований, так и суммарное распределение по всем методам исследований, которое является исходным при прогностической интерпретации. Таким образом все многообразие исходных данных приводится к единственной кривой, которая и используется для оценки возможности возникновения землетрясения.

Для 19 независимых реализаций, принятых к обработке, показано, что в суммарных кривых точки излома по оси времен распределены не хаотично, а наблюдается синхронное по времени появление групп точек излома и по деформациям, и по наклону, и по вариациям уровня грунтовых вод. Появление групп точек излома коррелируется и с особенностями хода процессов по другим методам исследований. Землетрясения с $K \geq 13$ на эпицентральных расстояниях до 200 км за 3-13 месяцев предвостоятся группами точек излома с максимальными амплитудами, превышающими средний уровень до трех раз. Рассмотрен ряд методических вопросов способа точек излома: устойчивость данных в зависимости от порогового уровня выделения осредняющих прямых, длительности и количества принятых к интерпретации реализаций.

Сведения по способу точек излома приведены кратко в статье Нерсесова И.Л., Боканенко Л.И., Передерина В.П. Изучение деформационных процессов на Гармском полигоне, сб. Экспериментальная сейсмология, Наука, М., 1983.

В.М.Бражник, М.Н.Смирнова, С.С.Сианисян (Грозный, СССР)

ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ПОЛЯ АРГУНСКОЙ СЕЙСМОАКТИВНОЙ ЗОНЫ

Междуречье Чанты-Аргун и Шаро-Аргун на северо-восточном крыле мегантиклинория Большого Кавказа является одной из

сейсмоактивных зон. Помимо исторически слабоизученных землетрясений, в XIX веке в этой зоне были 2 сильных землетрясения: Аргунское, 1927 года, $M=4,7$; $H=8$ км; $J_0=7\pm 0,5$ балла; Советское (Шатоевское), 1966 года, $M=4,9$; $H=16$ км; $J_0=7\pm 0,5$ балла. Район отличается значительными палеосейсмическими явлениями. Высокая сейсмичность зоны обусловлена специфическими особенностями глубинного строения, отображающегося в геофизических полях. Гравитационное поле характеризуется наличием ортогональной системы высокоградиентных зон, обусловленных глубинными разломами: Черногорским, общекавказского простирания, мантийного заложения, подтвержденным на профиле ГСЗ "Волгоград-Нахичевань"; и Аргунским, меридиональным.

В магнитном поле, полученном путем аэромагнитной съемки территории, находит отражение лишь Черногорский разлом в виде цепочки мелких экстремумов. Меридиональный разлом не отображается. Новые данные о глубинной тектонике позволили получить наземные магнитные измерения в эпицентральной зоне Шатоевского землетрясения 1966 года. Сразу после землетрясения на серии профилей установлено наличие локальной аномалии (200-800 нТл), северо-западного простирания, близко совпадающей с полосой очагов афтершоков, зарегистрированных временной сейсмической станцией (Д.Н.Рустанович). Дважды проведенные повторные наблюдения (1967, 1969 годы) показали, что интенсивность локальной аномалии со временем снижается, что характерно для эпицентральных зон других землетрясений Северного Кавказа.

Таким образом, геофизические поля и их вариации во времени могут служить достаточно надежным показателем сейсмичности территории.

И.Бручев (София, НРБ)

ВОЗМОЖНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ МЕЖДУ ИЗМЕНЕНИЕМ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГРАНИТА И РАСПРЕДЕЛЕНИЕМ ГИПОЦЕНТРОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ ПО ГЛУБИНУ В БОЛГАРИИ

При сопоставлении распределения гипоцентров землетрясений в глубину и изменениями в механических свойствах гранита, определенных в условиях различного всестороннего давления, отвечающего соответствующим глубинам, происходят зна-

чительные совпадения кривых их распределений. В случае максимумов этих кривых уменьшается интенсивное увеличение скоростей упругих волн и прочностных показателей гранита. Эти совпадения приводят к идее искать связь между распределением гипоцентров и изменением свойств гранита в глубину в земной коре. Наблюдаемые зависимости находятся в соответствии и с некоторыми другими явлениями, сопровождающими землетрясения.

Д. Бушич (Секешфехервар, ВНР)

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ДВИЖЕНИЙ В СВЯЗИ С ВЕНГЕРСКИМ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕМ

В 70-х годах была создана нивелирная сеть Венгрии I класса, содержащая опорные пункты с глубокозаложенным фундаментом, интервал между которыми составляет 4 км. Первое повторное изменение 39-километрового отрезка сети было произведено в 1985 году в зоне эпицентра землетрясения (Берхида). Часть измерений произвели повторно еще раз в 1989 году.

При измерении применялся нивелир типа MOM № AZI, данные вводились на местности в счетно-вычислительную машину типа SHARP I500, а затем обрабатывались на IBM PC.

На каждой станции три раза на разной высоте измерялась температура воздуха во избежание влияния рефракции.

На основе повторных нивелирований можно было выявить определенные тенденции, но скорость движений в большинстве случаев не достигала величины 1 мм/год.

Ю.Д. Буланже^{х)}, В.И. Богданов^{xx)}, Л.А. Савицкий^{xxx)}, С.Д. Яцук^{xxx)} (х) Москва, xx Ленинград, xxx Таллинн)

ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ, ПЕРСПЕКТИВЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ И РАЗВИТИЯ ГЛУБИННЫХ СКВАЖИННЫХ РЕПЕРНЫХ СИСТЕМ

Обсуждается опыт сооружения и эксплуатации глубинных скважинных реперных систем (реперных постов) в Таллинне, Кронштадте, Ломоносове и Шенялево. Каждый пост включает в себя группу из 6-ти или из 4-х разноглубинных реперов (до 230 м) скважинной конструкции, защищенных специальной камерой - лабораторией. Анализируются результаты комплексных исследований о стабильности реперов. Выбор конфигурации ре-

перных систем определяется особенностями местных условий и характером решаемых задач (вековое фундаментальное закрепление результатов прецизионных наблюдений, всестороннее изучение деформационных процессов, обусловленных проявлением разнообразных экзо-, эндо- и антропогенных факторов). Целый ряд достоинств и перспективы совершенствования реперных систем; освоение существенно новых глубин, не затронутых значительными экзогенными и антропогенными влияниями; возможность включения инструментальных данных о нестабильности местных условий в процесс основных измерений, -- позволяет рекомендовать рассматривать такие системы в качестве составной части будущих опорных пунктов прецизионных астрономо-геодезической, нивелирной, гравиметрической, уровневой и специальных геодинимических сетей нового поколения. Привлекает идея создания на этой основе перманентных геодинимических обсерваторий и совместного изучения послонных деформаций горных пород, вариаций физических и метеорологических полей, изменений гидрогеологических, геофизических и других параметров среды. Локальный обсерваторский подход к геодинимическим исследованиям представляет несомненный метрологический, геодезический и прогностический интерес.

Ю.Д.Буланже, Т.В.Гусева, Т.Е.Демьянова, Л.А.Мараховская,
Б.А.Сигалов (Москва, СССР)

ВЗАИМОСВЯЗЬ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ДВИЖЕНИЙ И НЕПРИЛИВНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ СИЛЫ ТЯЖЕСТИ НА ГАРМСКОМ ГЕОДИНАМИЧЕСКОМ ПОЛИГОНЕ

Рассматриваются результаты многолетних комплексных повторных высокоточных нивелирований и гравиметрических измерений на Гармском геодинимическом полигоне в Таджикистане. Сеть пунктов наблюдений расположена у подножия кристаллического Миндальского блока, в аллювиальных отложениях р.Сурхоб, во фронтальной части Вахшского надвига, являющегося границей между Южно-Тяньшаньским поднятием и Таджикской депрессией. Хотя Гармский район является одним из сейсмоактивнейших регионов континентальной части Советского Союза, конкретному участку исследований в настоящее время свойственно сейсмическое затишие.

При постановке гравиметрических исследований в 1972 г.

пункты наблюдений были совмещены с геодезическими пунктами-реперами, а в качестве исходного был принят пункт 3040, расположенный в кристаллическом блоке. Качество измерений можно оценить значениями средних квадратических ошибок, которые составляют при нивелировании 0,5 мм/км, при определении одного приращения силы тяжести 0,01-0,02 мГал.

Получено, что кжотяньшаньским пунктам характерны квазипериодические вертикальные движения с амплитудой до 6 мм, а изменения локальных значений силы тяжести не превышают точности измерений. Пунктам во фронтальной части Вахшского надвига свойственны направленные движения со скоростями до 15 мм/год, на фоне которых происходят квазипериодические изменения с амплитудой отклонения от трендовой составляющей несколько миллиметров. В последние годы у некоторой части реперов скорость направленных перемещений осталась неизменной, у другой части уменьшилась или увеличилась на несколько процентов. Именно во фронтальной части разлома и отмечены неприливные изменения силы тяжести, превышающие возможные ошибки измерений. Обсуждаются возможные источники изменений.

Ю.Д.Буланже^х), Ю.В.Тарбеев^{хх}), В.И.Богданов^{хх}), Л.Ф.Витушкин^{хх}), И.А.Новиков^{хх}), А.Е.Синельников^{хх}), В.Н.Хажуев^{хх})
(^хМосква, ^{хх}Ленинград)

ГРАВИМЕТРИЧЕСКИЙ И ГЕОДИНАМИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС НА ТЕРРИТОРИИ ИНСТИТУТА МЕТРОЛОГИИ ИМ. Д.И.МЕНДЕЛЕЕВА В ЛОМОНОСОВЕ

В Ломоносове, на базе подземной обсерватории Института метрологии ($\Delta H=45$ м, $l=150$ м), создается опорный пункт Международной абсолютной гравиметрической сети. В настоящее время сооружены постаменты, заложены реперы микрополигона повторного нивелирования, планируется выполнение относительных связей, измерение градиентов, организация наблюдений за приливными вариациями силы тяжести. В перспективе - разработка абсолютных гравиметра и градиентометра, большебазового лазерного деформографа, организация сейсмических наблюдений и изучение вариаций физических полей.

Наземная гравиметрическая сеть пунктов-спутников входит в состав Ленинградского геодинимического полигона и совмещена с линией повторного нивелирования I класса Крон-

штадт - Лисий Нос - Ленинград - Пулково - Ломоносов - Шепелево. Линия нивелирования закреплена тремя глубинными скважинными реперными постами. Пост в Ломоносове включает 4 репера скважинной конструкции, заложенные в породы осадочного чехла (глубины 31,5; 120,9 и 182,8 м) и кристаллического фундамента (230,7 м). В районе функционируют гидрометеорологические станции, проводятся наблюдения за режимом подземных вод.

Таким образом, в настоящее время создана хорошая основа для организации прецизионных физических и метрологических исследований, для изучения геодинамических процессов, вариаций физических полей, факторов, определяющих нестабильность гравитационного поля. Комплексные исследования, проводимые в слабо сейсмичных регионах, представляют особый интерес при физическом подходе к изучению проблемы прогноза землетрясений.

Л.Л.Ваньян, А.Г.Гамбурцев, А.В.Горбатиков, П.Ю.Готфрид, А.В.Николаев, О.А.Потапов, В.П.Преображенский, В.С.Соловьев, Г.А.Шехтман (Москва, СССР)

ВРЕМЕННЫЕ ВАРИАЦИИ ПАРАМЕТРОВ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЛН

В 1988 году на полигоне НИО "Нефтегеофизика" в Ярославской области проведен сейсмический мониторинг с искусственными источниками:

- вибраторами СВ - 10/100 и СВ - 5/150;
- пневмоизлучателем ПИ-4;
- поверхностным ударным источником ГСК-5.

С 25 июля по 2 августа периодически проводились сеансы измерений с интервалом 4 часа. Основу каждого сеанса составляли пять монохроматических посылок вибратора СВ-10/100 на частотах 12, 24, 36, 48 и 72 Гц. Использование других источников носило в основном методический характер. Регистрация сигналов проводилась:

- сейсморазведочной станцией "Прогресс" на профиле длиной 600 м, в мелкой и глубокой скважинах на глубинах $h=30$ м и $H=1500$ м;

- сейсмостанцией, разработанной в ИФЗ, в 3-х точках (в каждой 3-х компонентная установка геофонов) на удалениях

100 м от источников.

Обработка монохроматических сигналов сводилась к Фурье-преобразованию, полученных записей и построению рядов разности фаз между каналами, соответствующими различным удалениям и глубинам приема. Анализировались также ряды амплитудных значений для фиксированных частот и фиксированных точек приема.

Обнаруженные вариации разности фаз между различными точками на всех частотах не превышают первых миллисекунд.

А.Т.Вегуни, А.К.Юхьян, Г.Ш.Шагинян (Ереван, СССР)

ПЕТРОФИЗИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЗЕМНОЙ КОРЫ ПЕРЕХОДНОГО ТИПА В ПОСТСКЛАДЧАТОМ ЭТАПЕ ЕЕ РАЗВИТИЯ НА ПРИМЕРЕ НЕОВУЛКАНИЧЕСКОЙ ЗОНЫ АРМЕНИИ

С помощью исследования физических и физико-химических свойств ксенолитов при высоких термобарических условиях обоснован стадийный характер формирования "базальтового" слоя земной коры неовулканической зоны с дифференциацией его субстрата и образованием внутри него геофизических границ раздела. Установлено, что для вещества "базальтового" слоя земной коры характерны скорости продольных упругих волн $V_p = 6,8-7,2$ км/с., и которым отвечают породы пироксенитовой, габброамфиболитовой и амфиболитовой ассоциации.

Обоснована стадийность преобразования внутрикорового вещества в пределах ее нижних горизонтов, приводящего к образованию внутрикоровых магматических очагов в позднекайнозойском этапе развития и образованию геофизических границ раздела внутри коры. Выявлено, что особенности вулканизма коррелируются с тектонической перестройкой земной коры, вызванной энергетическим и динамическим взаимодействием последней с верхней мантией. Своеобразие развития неовулканической зоны в позднем кайнозое (а возможно и в течение всего кайнозоя) заключается в длительном, устойчивом сохранении активного состояния верхней мантии в сочетании с термически активной земной корой, проявляемой в геофизических полях и в петрохимических особенностях вулканических пород. Характер геофизических полей и особенности эндогенного режима (сочетание "активной" коры и "активной" мантии) неовулканической

зоны Армении близки к таковым островных дуг и активных континентальных окраин.

Т.З.Вербицкий, Б.Д.Бойко, А.В.Назаревич, Е.С.Струк
(Львов, СССР)

СЕЙСМОАКУСТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ КАРПАТСКОГО ГЕОДИНАМИЧЕСКОГО ПОЛИГОНА

Эффективность изучения напряженно-деформированного состояния массивов горных пород определяется в первую очередь применяемыми геофизическими методами, которые неравнозначны по своей чувствительности, разрешающей способности и информативности.

В результате многочисленных экспериментов по изучению чувствительности волновых параметров к небольшим структурным изменениям исследуемых горных пород была установлена повышенная чувствительность нелинейных явлений к трещиноватости и напряженному состоянию. Данное явление было положено в основу геоакустического метода контроля массивов горных пород. С помощью этого метода на протяжении нескольких лет проводились режимные наблюдения за изменением состояния горных массивов. Наличие в наблюдаемых временных рядах полигармонической компоненты, коррелирующей с земными приливами, свидетельствует о высокой чувствительности геоакустического метода к изменениям напряженно-деформированного состояния массивов горных пород и пригодности его для использования при решении задач современной геодинамики, прогноза землетрясений, горных ударов, выбросов угля и газа в шахтах. Совместный анализ временных рядов значений геоакустических параметров (сдвига фазы, амплитуды, второй гармонической составляющей) в комплексе с данными исследования микросейсмического режима территории Карпатского прогностического полигона указывает на связь аномальных изменений во временном ходе геоакустических данных с сейсмическим режимом и процессами подготовки местных землетрясений.

Т.З.Вербицкий, В.Г.Кузнецова (Львов, СССР)

КОМПЛЕКСНЫЕ СЕЙСМОПРОГНОСТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ ЗАКАРПАТЬЯ

Основной целью исследований в Карпатах является раскрытие природы и механизма глубинных тектонических процессов, изучение их проявлений в различных геофизических полях и разработка на этой основе новых высокоэффективных методов прогноза сильных землетрясений.

Комплекс работ включает фундаментальные исследования по математическому моделированию взаимосвязанных полей различной физической природы, лабораторные работы, разработку новых методов и методик сейсмопрогностических работ и режимные геофизические наблюдения на 10 станциях Карпатского полигона.

Основные результаты исследований сводятся к следующему:

1. Изучен характер изменения упругих и электрических свойств массива горных пород в результате воздействия тектонических напряжений и земных приливов.

2. На основе анализа долговременной сейсмичности выделены зоны, имеющие индивидуальные особенности сейсмического режима, и изучена их связь с глубинным строением и структурой земной коры региона.

3. Получены аномальные временные изменения геофизических параметров, которые коррелируются между собой и возможно связаны с подготовкой и осуществлением местных землетрясений (2 июля 1982 г., $K=11,8$; 5 декабря 1988 г., $K=9,9$), что подтверждает перспективы проводимых исследований.

А.В.Викулин (Петропавловск-Камчатский, СССР)

ФЕНОМЕНОЛОГИЧЕСКАЯ ВОЛНОВАЯ МОДЕЛЬ СЕЙСМИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА И ПУТИ ЕЕ ДАЛЬНЕЙШЕГО РАЗВИТИЯ

Автором была предложена феноменологическая модель сейсмического процесса, рассматриваемого в масштабе тихоокеанского кольца. В рамках такой модели сейсмический процесс оказалось возможным представить в виде бегущих по кольцу "миграционных" волн сейсмичности с периодом и длиной волны, равными длительности сейсмического цикла и размеру очага сильнейшего землетрясения. Как видим, в рамках предлагаемой модели два важных сейсмогеодинамических параметра приобретают

физический смысл.

Используя представления предлагаемой модели для северо-западной окраины Тихого океана был построен прогноз. Этот прогноз включает указание временных интервалов продолжительностью в несколько лет, внутри которых в пределах сейсмических брешей должны происходить сильнейшие землетрясения. Сейсмические бреши выявляются по долгосрочному сейсмическому прогнозу. Предлагаемую волновую модель мы рассматриваем как логическое завершение намеченной С.А.Федотовым в конце 50-х годов программы исследований сейсмического режима островных дуг и континентальных окраин Тихого океана на региональном уровне.

Простота предложенного феноменологического способа описания, по-видимому, позволит построить физическую модель сейсмического процесса.

Вводятся потенциальная и кинетическая составляющая энергии сейсмического процесса. Отмечается, что при этом оказывается возможным устранить противоречия между значениями магнитуд сильнейших землетрясений, определенных по поверхностным волнам и по сейсмическому моменту.

А.В.Викулин^X), С.А.Викулина^{XX}), ^XПетропавловск-Камчатский,
^{XX}Москва, СССР)

КАМЧАТКА: СЕЙСМИЧЕСКИЕ ДЫРЫ, ФОРШОКИ, ПРОГНОЗ

С использованием данных детальных сейсмологических наблюдений, полученных камчатской региональной сетью станций в 1962-1987 гг., показывается, что возле эпицентров землетрясений с $M \geq 7,5$, $N < 60$ существуют области аномально низкой сейсмической активности. Такие области нами ранее были названы сейсмическими дырами. Сейсмическая дыра является частью очага, в пределах которой, в основном, при главном толчке сбрасываются избыточные напряжения. Рассматриваемые землетрясения предварялись форшоками с $M \approx 7$, которые произошли на краю сейсмической дыры, противоположном от эпицентра главного толчка.

Выявленные пространственно-временные особенности сейсмичности (взаимное расположение главного толчка, сейсмической дыры в его эпицентральной области и форшока с $M \approx 7$)

предлагается использовать для определения мест возможного расположения эпицентров будущих сильнейших землетрясений в пределах сейсмических брешей. Сейсмические бреши определяются долгосрочным сейсмическим прогнозом. Такой детальный анализ сейсмичности в пределах сейсмической бреши позволяет предсказывать механизм очага будущего сильнейшего землетрясения и уточнять его макросейсмический эффект.

В.И.Волков (Воронеж, СССР)

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИССЛЕДОВАНИЙ СОВРЕМЕННЫХ ДВИЖЕНИЙ ЗЕМНОЙ КОРЫ НА ОБЪЕКТАХ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Исследования современных движений земной коры (СДЗК) являются составной частью работ по изучению сейсмотектонических условий районов строительства объектов атомной энергетики.

Прикладные аспекты (оперативность, надежность, репрезентативность и др.) таких исследований исключают возможность применения традиционных геодезических методов, фиксирующих современные движения земной поверхности, которые отличаются по интенсивности (иногда на порядок) и характеру проявления в пространстве и во времени от СДЗК. В этой связи в пунктах размещения атомных станций (АС) создаются по особой методике геодинимические полигоны АС для раздельного изучения современных движений и деформаций, происходящих в земной коре, как под влиянием эндогенных, так и под влиянием экзогенных факторов. Режимные комплексные геодезические наблюдения на геодинимических полигонах АС позволили установить, что строительство крупномасштабных сооружений АС может вызвать активизацию старых, давно прекратившихся геодинимических процессов и проявление новых, развивающихся по принципу унаследованности и вызывающих деформации инженерных сооружений. Данные обстоятельства требуют создания в пунктах размещения АС геомониторинга современной геодинимики с целью изучения, оценки, прогноза, контроля и диагностики состояния динамической системы: земная кора - инженерные сооружения.

Е.Гейсс, Г.Древес, В.Элмер, К.Райтбер (Мюнхен, ФРГ)

НАПРЯЖЕНИЕ И ДЕФОРМАЦИЯ В ПОДВИЖНЫХ ПОЯСАХ - ИЗУЧЕНИЕ СРЕДИЗЕМНОМОРСКОГО И ПРИЛЕГАЮЩИХ К НЕМУ РЕГИОНОВ ПО ПРОЕКТУ ВЕГЕНЕР-МЕДЛАС

Благодаря большому числу геофизических исследований хорошо известно, что в районах характеризующихся сильной внутренней деформацией, подобных Альпийско-Гималайскому складчатому поясу, концепция тектоники плит нуждается в модификации и расширении с тем, чтобы учесть нежёсткое поведение литосферы. Для того, чтобы получить представление о современных процессах, перспективно использование геофизических данных о распределении напряжений (например, *in situ*, по плоскостям смещения в очаге) в сочетании с высокоточными пространственно-геодезическими измерениями движений.

Мы предлагаем модели деформаций, на основе теории конечных элементов, района Средиземноморья и прилегающих регионов, включающие большой диапазон геофизических данных. Результаты сравниваются с многолетним анализом данных, полученных при помощи спутниковой лазерной техники, что осуществляется, как правило, в рамках проекта Вегенер-Медлас. Эти относительно новые данные позволяют нам ввести ограничения на имеющиеся, на сегодняшний день, скорости деформаций в рассматриваемом регионе.

И.Лех, И.Пшенчик (Прага, ЧССР)

ИНВЕРСИЯ ВРЕМЕН ПРОБЕГА ВОЛН В НЕОДНОРОДНЫХ АНИЗОТРОПНЫХ СРЕДАХ

Для анализа инверсии данных ВСП по временам пробега волн, полученных искусственным путём, применяется методика, в основу которой положен метод возмущений первого порядка. Рассматривается однородная среда с гексагональной симметрией и простые плавные изменения упругих параметров. Для анализа инверсии используются времена пробега как квазипродольных, так и рассеянных квазипоперечных волн. Схема инверсии опробована для данных с интенсивным рассеянием поперечных волн, а также для данных с пренебрежимо малым рассеянием поперечных волн. Граничный случай представляют собой данные, интегрированные для неоднородной изотропной структуры.

В.И.Волков^х), А.А.Лопанчук^{хх}), В.М.Протасов^{хх}), Е.М.Севергин^х) (^хВоронеж, ^{хх}Москва, СССР)

ГЕОДИНАМИКА РАЙОНОВ СТРОИТЕЛЬСТВА АТОМНЫХ СТАНЦИЙ: СТРУКТУРА, МЕТОДЫ И ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ ИЗУЧЕНИЯ

Особый интерес при изысканиях, проектировании, строительстве и эксплуатации атомных станций (АС) представляют геодинамические полигоны, как средство оперативного (за период 2-3 года) выявления тектонически активных геологических структур и получения количественных характеристик современных движений земной коры (СДЗК) для оценки сейсмотектоники района размещения АС, выбора площадки АС с последующим стационарным изучением современной геодинамической активности земной коры и ее приповерхностных слоев на глубине закладки фундаментов сооружений АС с целью прогноза на стадии проектирования, а также контроля при строительстве и эксплуатации устойчивости объектов АС.

Многолетний опыт работы на стационарных геодинамических полигонах АС в различных регионах СССР позволил разработать методы оперативного количественного изучения современной геодинамики районов строительства АС и стационарного контроля взаимодействия инженерных сооружений АС с геологической средой, а также доказал несостоятельность оперативного изучения проявлений СДЗК традиционными геодезическими методами, фиксирующих в короткие промежутки времени квазипериодические, высокоградиентные проявления экзогенных факторов.

Результаты наблюдений на геодинамических полигонах АС показали, что устойчивость инженерных сооружений, расположенных как на отдельных блоках, так и в приразломных зонах земной коры может нарушаться тектоническими процессами, что требует увязки наблюдений за деформациями земной коры и сооружений.

П.Высочил^х), Кебиси Р.М.^{хх}), А.Талеб^{хх}), С.М.Махмуд^{хх})
^хПрага, ЧССР; ^{хх}Каир, Египет)

ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ГЕОДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ РАЙОНА КАЛАБША, АСУАН ПО ГЕОДЕЗИЧЕСКИМ ДАННЫМ

Была создана предварительная геодинамическая модель, для

района Калабша по результатам пяти повторных измерений горизонтальной сети. Разлом Калабша - это правосторонний сдвиг широтного простирания. Это хорошо согласуется с результатами, полученными из наблюдений за горизонтальными движениями земной поверхности. Величины движений земной поверхности заметно изменяются для различных эпох. Это указывает на то, что район Калабша от эпохи к эпохе деформировался с различной интенсивностью.

Однако, на основе выявленных полей деформации и напряжений для отдельных эпох внутри полигона Калабша, район разделён на зоны сжатия и растяжения. Зоны большого растяжения преобладают на юго-западе сети.

М.В.Гамбургер^X, Р.Е.Рейинджер^{XX} (^XБлумингтон,
^{XX}Кембридж, США)

ПРИМЕНЕНИЕ ГЛОБАЛЬНОЙ НАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ (GPS) ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЙ В ЗОНЕ ВНУТРИКОНТИНЕНТАЛЬНОЙ КОЛЛИЗИИ: ЦЕНТРАЛЬНО-АЗИАТСКАЯ ЧАСТЬ СССР

GPS - глобальная навигационная система, обеспечивающая определение относительного положения пунктов с точностью 1 см и менее для горизонтальных координат и 3 см - для вертикальных. Измерения GPS опираются на одновременное получение многочисленных спутниковых сигналов на двух и более наземных станциях. Используются разностные сигналы, для того чтобы оценить отклонения или нестабильность в приёмниках и спутниковых часах; вводятся атмосферные поправки, чтобы минимизировать эффекты тропосферных задержек. Система широко используется в мире как для фундаментальных научных исследований, так и для различных коммерческих целей. В настоящее время использование в коммерческих целях включает слежение за деформациями плотин и других крупных объектов, навигацию, съёмки, безопасность авиалиний. GPS стала единственным наиважнейшим методом в науках о Земле для мониторинга за деформациями земной коры в локальном, региональном и глобальном масштабах (исследуются районы от нескольких километров до тысяч километров). Для контроля орбит спутников GPS созданы глобальные сети со станциями расположенными

ми в северном и южном полушарии. К настоящему времени, закончены главные научные эксперименты в районах Северной, Центральной и Южной Америки, Европы, Исландии, Австралии, Южной части Тихого океана и Японии. Районы перспективные для применения системы GPS: центральная Азия, включая Китай, Пакистан, Непал и Индия.

Активные орогенны центральноазиатской части Советского Союза представляют уникальный объект для изучения динамики деформаций земной коры, связанной с межплитной коллизией. Регион представляет мозаику геологических автохтонов и расположен в пределах активной зоны коллизии между Индийской и Евразийской плитами. Район представляет Гималайский шов с сейсмической активностью к северу от Гималайской фронтальной линии, характеризуется сходством главных направлений сжатия по механизмам очегов и ориентацией конвергенции плит, интенсивными поднятиями в неогене и деформациями центральноазиатского горного пояса. На основе геодезических данных получены скорости тектонических деформаций с локальным масштабом. Однако региональные геодинамические процессы остаются слабоизученными. Первоначальные научные задачи для GPS-мониторинга: (1) измерение относительных движений Индийской и Евразийской плит; (2) мониторинг за накоплением и реализацией вдоль главных систем Центральной Азии (Гиссаро-Кокшаальская, Дарваз-Каракульская, Таллас-Ферганская) деформаций; (3) измерение внутренних деформаций в пределах главных блоков земной коры горных регионов Памира, Тянь-Шаня, Таджикской депрессии, Ферганской впадины; (4) оценка косейсмических и пресейсмических деформаций, связанных с главными землетрясениями в регионе и (5) сравнение измеренных базисов, используя данных американского (НАВСТАР) и советского (ГЕОНАСС) спутников.

Е. Гротен (Дармштадт, ФРГ)

ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОГНОЗА ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

Рассмотрено использование данных гравиметрии совместно с измерениями глобальной навигационной системы (GPS) в кинематическом режиме для изучения локальных и региональных де-

формаций. Результаты получены с использованием данных наблюдений, проведенных недавно в Северной Европе и Южной Америке. Анализ данных позволяет судить о всё ещё имеющихся недостатках, также как и о недавнем прогрессе в развитии соответствующей методики наблюдений. Обсуждаются также изменения в разработках измерительной аппаратуры в будущем в свете общего прогресса высокоточного изучения деформаций и частных проблем прогноза, связанных с сейсмической активностью

И.А.Гарагал, К.Б.Алдамжаров, В.С.Передёро (Алма-Ата, СССР)
ИНВАРИАНТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОЦЕССА ДЕФОРМИРОВАНИЯ В
ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ СРЕДЕ ПО СВЕТОДАЛЬНОМЕРНЫМ ДАННЫМ

Совершенствование методики исследований процесса деформирования в геофизической среде предполагает более высокий уровень интерпретации полученных экспериментальных данных. В этом плане первоочередной задачей является установление количественных связей пространственно-временных характеристик поля деформаций. Здесь с помощью светодальномерных измерений по трём любым направлениям на площадке восстанавливается тензор деформации, а затем рассчитываются связанные с ним инвариантные характеристики, наблюдения за которыми представляют интерес в плане изучения предвестников сильных землетрясений.

С помощью разработанной методики выполнен анализ таких характеристик, как угол вида деформированного состояния (ω_ε), ориентация главных осей (β), параметр Надаи-Лоде (χ_ε), отношение объёмной деформации к интенсивности приращения деформаций сдвига (λ) для Алма-Атинского полигона за 1986-1988 гг.

Получено, что на всех площадках угол ω_ε изменяется в пределах от 0° до 60° , тогда как параметр χ_ε принимает значения больше единицы, что объясняется, по-видимому, анизотропией свойств геофизической среды. Имеются направления на площадках, измерения по которым дают постоянную ориента-

цию главных осей, а параметр λ всегда меньше по абсолютной величине единицы, что может быть связано с тектоникой и сейсмичностью района.

И.А.Гарагаш, Ж.Ш.Жантаев (Алма-Ата, СССР)

ВЛИЯНИЕ ГОРНОГО РЕЛЬЕФА НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПРИЛИВНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В ЗЕМНОЙ КОРЕ СЕВЕРНОГО ТЯНЬ-ШАНЯ И СВЯЗЬ С СЕЙСМИЧНОСТЬЮ

Действие сил лунно-солнечных приливов возмущает напряженное состояние земной коры и может запускать спусковой механизм землетрясений. С другой стороны, циклическое воздействие приливов вследствие неоднородности геофизической среды и ее несовершенной упругости должно приводить к усталостному уменьшению прочности земной коры. Степень усталости зависит от амплитуды цикла (разности между наибольшим и наименьшим напряжением цикла), которая в силу наличия горного рельефа и неоднородности земной коры является величиной переменной.

Для исследования влияния рельефа на амплитуду приливного цикла создана машинная база данных превышения рельефа территории Северного Тянь-Шаня над уровнем моря. Используя малосъёмный угол наклона элементов рельефа к горизонту с помощью метода возмущения, задача в первом приближении была сведена к исследованию напряженного состояния упругого полупространства, нагруженного на свободной поверхности распределенными касательными усилиями.

Проведенный расчет позволил построить карту распределения амплитуды цикла для величины, характеризующей приближение (или удаление) напряженного состояния геофизической среды от предела прочности под действием приливов, на глубине 10 км. Анализ показал, что к местам максимальных амплитуд приурочены очаги сильнейших землетрясений (Верненское, $K=16$, Чилико-Кеминское, $K=18$).

Дж. Гарагозов, А. Ходжаев (Ашхабад, СССР)

БЛИЖНЯЯ ЗОНА ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ И ОЦЕНКА СЕЙСМИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ

Результаты анализа последствий сильных землетрясений, СМР городов Туркменской ССР и оценки сейсмической опасности в ближней зоне сводятся к следующему:

1. Как ранее было принято, во влажных песчано-глинистых отложениях большой мощности с УТВ близким к поверхности Земли, по сравнению с гравийно-галечниковыми отложениями, приращение балльности увеличивается до 2-х и более баллов. Анализ же результатов наших исследований показывает, что приращение балльности увеличивается до I-го балла. А антропогенные факторы - образование трещины, разжижение, просадочность, крутильный характер движения грунта приводят к увеличению степени сейсмического эффекта, а не к увеличению интенсивности землетрясения. На территории Туркменской ССР, в ближней зоне происходивших сильных землетрясений, оконтурены участки, где наблюдались антропогенные факторы, а также выделены участки со сходными грунтами, где в случае возникновения сильных землетрясений возможно проявление аналогичных факторов. Рекомендуем их учитывать при составлении карт СР, ДСР и СМР. Осушением верхнего 10-ти метрового слоя грунта или же введением других конструктивных разработок можно устранять эти факторы. При этом фактическая балльность может быть переоценена и разрешено проектирование зданий и сооружений, исходя из расчета 9 баллов.

2. Методом, рекомендованным В.В. Штейнбергом, используя сейсмологические и макросейсмические данные, а также физические константы среды, нами были определены параметры колебаний грунта в ближней зоне и интенсивность в эпицентре некоторых сильных землетрясений, происходивших на территории Туркменской ССР.

П. Гечев (София, НРБ)

МОДЕЛЬ ИЕРАРХИЧЕСКОГО БЛОКОВОГО СТРОЕНИЯ ДЕФОРМИРУЮЩЕЙСЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ - ОСНОВА ТЕОРЕТИЧЕСКОГО ОБОСНОВАНИЯ ЭМПИРИЧЕСКОГО ЗАКОНА ПОВТОРЯЕМОСТИ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ РАЗЛИЧНОЙ ЭНЕРГИИ

После формулировки, на основе статистических данных,

Рихтером и Гутенбергом закона повторяемости землетрясений $\lg N(M) = -bM + a$, многими исследователями делались попытки его физического осмысления. Им удавалось лишь только констатировать, что коэффициент b стремится принимать постоянное значение в глобальном масштабе и вероятно отражает самые общие свойства сейсмической среды, а свободный член a - региональные особенности. Лишь Канамори и Андерсену удалось теоретически доказать, что $\lg N \sim M$.

М.А. Садовский и др. предложили модель иерархического блокового строения деформирующейся геофизической среды и на ее основе сделали качественное физическое описание особенностей сейсмического процесса и интерпретации корреляционных зависимостей сейсмических параметров.

Используя ту же модель, автором сделана попытка теоретического вывода закона повторяемости землетрясений. Допуская, что частота землетрясений определенной энергии (магнитуды) пропорциональна частоте блоков соответствующих размеров (рангов) и сделав баланс накапливающейся упругости и излучаемой сейсмической энергии, получен тот же закон Рихтера и Гутенберга $\lg(N)M = -bM + a$. При этом коэффициент $b = I - K$, где константа $K \approx 0,2$ (по Бату и Дуда) и связан только с иерархичностью системы.

Свободный член a является функцией региональной скорости угловой деформации геологической среды, ее упругого модуля сдвига и размера блоков высшего ранга (максимальной магнитуды) сейсмической зоны, и как и замечалось, действительно отражает региональные особенности среды.

Таким образом, располагая данными о тектоническом строении сейсмической зоны и скорости ее угловой деформации, можно делать долговременные прогнозы о максимально возможном землетрясении и о частоте землетрясений различных магнитуд.

Э.Г. Гедакян, Г.В. Саргсян (Ленинакан, СССР)

СЕЙСМИЧНОСТЬ ЗОНЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ СПИТАКСКОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ

На основе инструментальных наблюдений за 1962-1988 гг. рассматривается динамика изменения сейсмичности Армянского

нагорья и прилегающих территорий.

Показано, что в зоне возникновения Спитакского землетрясения наблюдалась слабая сейсмичность. На этом фоне возникли более сильные землетрясения в 1966 г. ($M=4,1$), в 1967 г. ($M=5,0$) и в 1975 г. ($M=3,8$). Наряду с этим в прилегающих очаговых зонах северо-западной части Армянского нагорья и южной части Джавахетского происходила активизация и возникло несколько более сильных землетрясений (Дманисское, 1978 г., $M=5,2$; Параванское, 1986 г., $M=5,6$ и др.).

При анализе пространственно-временной структуры сильных (M более 5,0) землетрясений Тавро-Кавказа за период 1962-1988 г. выявлены два взаимно пересекающиеся направления (СЗ к ЮВ и СВ к ЮЗ) с пересечением в зоне Спитакского очага.

Проведено картирование углового коэффициента графиков повторяемости для районов Армении и прилегающих территорий за длительный период. Значения углового коэффициента сильно варьирует от 0,35 до 0,65. На этом фоне наблюдается понижение значения углового коэффициента перед сильными землетрясениями.

Анализ временных изменений углового коэффициента графика повторяемости, выполненный нами для очаговых зон Ванского землетрясения 1976 г., Дманисского 1978 г., Эрзрумского 1983 г., а также наблюдения других авторов, подтверждают информативность этого параметра в прогнозных исследованиях, в изучении изменений реологических свойств среды в процессе накопления и релаксации тектонических напряжений.

М.Д.Герасименко, В.Г.Писаренко, Г.М.Герасименко (Владивосток, СССР)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДВИЖЕНИЙ И ДЕФОРМАЦИЙ ПЛИТ ПО ДАННЫМ РСДБ

Геодезические и РСДБ методы определения движений плит земной коры часто не согласуются с региональными схемами напряжений и длительностью протекания тектонических процессов. Устранение этого несоответствия возможно путем закрепления пунктов на кристаллическом фундаменте, организации наблюдений за локальными движениями пунктов, а также обработки измерений на основе теории свободного уравнивания.

Такое решение относится к центру тяжести квазистабильных пунктов и не искажено исходными данными. Методика использована нами для обработки сети РСДБ США (Т.А.Кларк и др., 1987). Точность при свободном уравнивании повысилась на $\sim 12\%$. Пункт WESTFORD из разных вариантов обработки обычно имел подвижки более 20 мм/год. Если решение отнести ко всем пунктам Северо-Американской (СА) плиты, подвижки на Тихоокеанской (ТО) плите составляют до 50 ± 3 мм/год. Дилатация для треугольников восточнее разлома Сан-Андреас сравнима с ошибками определения, а в зоне и западнее равна $(-0,13 \pm +0,08) \cdot 10^{-6}$ /год с ошибками в 2-6 раз менее самих величин. Вращение против часовой стрелки фигур СА плиты относительно ТО достигает $(0,22^\circ \pm 0,03^\circ) 10^{-6}$ в год (предсказываемое по неотектонической модели до $0,8^\circ \cdot 10^{-6}$), но имеется пример противоположного вращения $(0,50^\circ \pm 0,05^\circ) 10^{-6}$ для треугольника DVPQ-FAIRNKS-WESTFORD, что объяснимо локальными движениями отдельных блоков. Растяжения достигают $(0,18 \pm 0,03) 10^{-6}$ в год и ориентированы вдоль меридианов, а перпендикулярные им сжатия - до $(0,18 \pm 0,02) 10^{-6}$ в год. Предельные значения приурочены к зоне разлома Сан-Андреас. Для более детальных и уверенных выводов требуется расширение и сгущение сети станций РСДБ.

Е.Гловацка (Варшава, ПНР)

КОЛИЧЕСТВО ИЗВЛЕЧЕННОГО ОБЪЕМА ГОРНЫХ ПОРОД КАК ИНДИКАТОР ОЦЕНКИ СЕЙСМИЧЕСКОГО РИСКА В ШАХТАХ

Наведенная сейсмичность в шахтах обусловлена деформацией пород за счет извлечения некоторого их объема. Предполагается, что деформация массива пород пропорциональна извлеченному объему.

Вероятность зависимости сейсмической энергии от объема извлеченной породы была использована в попытке долгосрочного прогноза сейсмического риска в шахтах. Приведенная оценка носит характер долгосрочного прогноза. Однако в совокупности с различными геофизическими методами эта оценка может быть использована при краткосрочном прогнозе сильных сотрясений. Приведены примеры применения метода в нескольких подземных выемках.

Г.Л.Голинский, Ч.М.Муратов (Ашхабад, СССР)

ВЫЯВЛЕНИЕ СЕЙСМОГЕННЫХ ЗОН ВОСТОЧНОЙ ТУРКМЕНИИ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА МАКРОСЕЙСМИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ СРЕДНЕЙ АЗИИ

Изучена неоднородность земной коры и ее связь с сейсмичностью на основании анализа распространения сильных землетрясений Копетдага и прилегающих регионов. Для выявления сейсмогенных разломов проанализированы изосейсты более 30 сильных землетрясений. Величина коэффициентов затухания интенсивности землетрясений в районах со сложным геологическим строением изменяется в пределах от $I+7$ и более.

Сопоставление карт коэффициентов затухания с сейсмологическими материалами указывает на интересную закономерность: узкие протяженные зоны с высокими коэффициентами затухания совпадают с региональными разломами, выявленными сейсмологическими данными. Зоны, способные генерировать землетрясения с высокой магнитудой ($M=5,0$), нами относятся к сейсмогенным.

Фактическим изучением характера распространения колебаний Газлийского (1976-1984 гг.) и глубокофокусных очагов афганских землетрясений (1963-1984 гг.) выявлены зоны затухания по Тарымкая-Газлийскому, Бухаро-Хивинскому и Амударьинскому разломам.

Комплексный анализ макросейсмического поля и геолого-геофизических материалов позволил классифицировать зоны затухания землетрясений, выделить новые сейсмогенные зоны Копетдага и Восточной Туркмении. Их выявление позволяет дифференцировать карту ОСР территории ТССР, уточнить степень активности зон, прогнозировать интенсивность будущих воздействий сейсмичности.

В.Г.Голубицкий, А.Л.Кривонос, Г.Д.Пасынков (Полтава, СССР)

НАКЛОНОМЕРНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ В КРЫМСКОМ СЕЙСМОАКТИВНОМ РЕГИОНЕ

Наклономерные наблюдения в Крыму проводятся с целью изучения современных движений земной коры и выявления возможных предвестников перед сильными землетрясениями.

К настоящему времени в сейсмоактивной части Крыма действует 4 наклономерных станции, оборудованных приборами конструкции А.Е.Островского. Накло-

номеры устанавливались в камерах различного типа. В Ялте это была штольня, а на других станциях специально сооруженные шурфы глубиной 7-10 м. Наблюдения в Севастополе начаты в 1980 г., Алуште - 1982 г., Феодосии - 1983 г., Ялте - 1985 г.

На основании накопленных наблюдательных данных получены значения медленных наклонов. Для оценки величины современных движений Крымского региона исследовалось влияние на наклоны метеорологических условий. Выполнено сопоставление аномальных особенностей в наклонах перед землетрясениями близлежащих сейсмоактивных зон.

В.М.Горбань (Полтава, СССР)

ГЛОБАЛЬНАЯ ТЕКТОНИКА ПЛИТ ЗА ПОСЛЕДНИЕ 150 МЛН.ЛЕТ ПО ПАЛЕОМАГНИТНЫМ ДАННЫМ

Как известно, положения полюсов магнитного диполя Земли в прошлом, полученные по данным остаточной намагниченности пород, не совпадают с современным положением как геомагнитного, так и географического полюсов. Наиболее распространенное объяснение этому - дрейф литосферных плит.

В докладе приведены пути дрейфа палеомагнитных полюсов для различных тектонических плит, полученные на основе сглаживания положений палеополюсов, исправленных за движение литосферных плит по модели Минстера-Джордана AMI-2. Получены следующие выводы: а) модель AMI-2 хорошо объясняет видимый дрейф палеомагнитных полюсов за 35 млн.лет; б) подтверждена гипотеза о совпадении в среднем оси магнитного диполя и оси вращения Земли; в) для всех исследованных тектонических плит обнаружены изменения направления их движения в эпохи - 35 млн.лет и - 75 млн.лет.

На основе этих выводов решена обратная задача: по имеющимся палеомагнитным данным определены модели движения плит в эпохи: - (0+35 млн.лет); - (35+75) млн.лет; - (75+150) млн.лет.

А.С.Григорьев, И.М.Волович, А.В.Михайлова, Ю.Л.Ребецкий
(Москва, СССР)

НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И НАКОПЛЕНИЕ ПОВРЕЖДЕНИЙ В ОКРЕСТНОСТИ ПОТЕНЦИАЛЬНОГО ОЧАГА ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ В ОСАДОЧНОМ ЧЕХЛЕ И ВОПРОСЫ ИНТЕРПРЕТАЦИИ СОВРЕМЕННЫХ ДВИЖЕНИЙ

В механике землетрясений существенное место занимают вопросы их подготовки, - изучение изменения во времени картины напряженного состояния и нарушений сплошности в окрестности потенциального очага. Ниже излагаются результаты, обобщающие и дополняющие исследования последних лет, посвященные теоретическому и экспериментальному изучению процессов деформирования и накопления повреждений в слое, моделирующем осадочный чехол, в зонах, расположенных над активными разломами фундамента. В основу теоретического анализа положено решение пространственной задачи равновесия упругого, либо линейно-вязкого слоя, расположенного на жестком основании, разделенной плоской щелью на два полубесконечных блока, которые медленно поступательно движутся друг относительно друга параллельно срединной плоскости щели в произвольном направлении. Были построены поля главных напряжений и поля скоростей поверхности при варьировании ориентации плоскости щели и направления вектора скорости относительных движений блоков. Это позволило выявить в толще слоя зоны повышенных напряжений и прогнозировать картину возникновения нарушений сплошности при различных вариантах движения блоков. Специальное внимание было уделено локальным "кинематическим эффектам" на поверхности слоя в зонах, расположенных непосредственно над швом разлома.

Эксперименты на моделях позволили изучить кинематику поверхности слоя, поле деформаций и картину возникновения и развития разрушений в его толще. Совместный анализ теоретических и экспериментальных результатов подтвердил правомерность теоретического прогноза возникновения нарушений сплошности, выявил устойчивые характеристики процесса деформирования слоя, которые можно рассматривать в качестве прогностических признаков, и позволил разработать методику интерпретации современных движений осадочного чехла в зонах над активными разломами фундамента при наличии геодезических данных о кинематике дневной поверхности.

Д.Т.Гриднев^X), В.Д.Тимофеев^{XX}), Ю.К.Сарычева^{XX}), Л.В.Анисимова^{XX}) (^XМосква, ^{XX}Новосибирск, СССР)

НАКЛОНОМЕРНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ НА СТАНЦИИ ТАЛАЯ (БАЙКАЛ)

Представлены результаты наклономерных измерений в сейсмоактивном районе на юге Байкала. Данные получены приборами конструкции Гриднева, установленными в штольне, (в азимутах С-Ю и В-З) в период с апреля 1985 по апрель 1989гг. Станция Талая (51.7 с.ш., 103.7 в.д.) расположена в 6 км от о.Байкал. Ход наклона за 4 года наблюдений составил 8,5 с дуги ($4,1 \cdot 10^{-5}$ радиан) на ССВ. Скорость наклона соответствует геодезическим данным по этому району. Отмечается корреляция скорости изменения и направления наклона с местной сейсмичностью. Обсуждаются результаты обработки приливных наклонов. Численное решение для параметров земных приливов на модели Земли с упругой дилатантной зоной показывает, что 60-процентному изменению в параметрах наклона может соответствовать изменение на 15% сейсмической скорости V_p в зоне. Обсуждаются временные вариации приливных параметров в Талой. Амплитудный фактор волн M_2 в азимуте З-В изменяется в пределах $\pm 5\%$ (относительно среднего уровня 0,692 с ошибкой $\pm 1\%$). Амплитудный фактор волны M_2 в азимуте С-Ю изменяется в пределах $\pm 13\%$ (относительно среднего 0,734, полученного с ошибкой $\pm 2-3\%$). Обсуждается связь этих эффектов с местной сейсмичностью, ходом наклона и изменениями уровня воды в оз.Байкал.

Т.В.Гусева^X), М.М.Руэда Перес^{XX}), А.Гонсалес Пенья^{XX})
(^XМосква, СССР; ^{XX}Гавана, Куба)

ИССЛЕДОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ДВИЖЕНИЙ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ НА ГЕОПОЛИГОНАХ АЭС В ВОСТОЧНОЙ КУБЕ

Обсуждаются результаты исследований вертикальных и горизонтальных движений на геополигонах АЭС в Восточной Кубе. Для выявления возможных источников короткопериодных колебательных вертикальных движений проведено сопоставление их амплитуд со значениями некоторых параметров природной среды. Оказалось, что отсутствует значимая корреляция с количеством выделяющейся в пределах Восточной Кубы сейсмической энергии. Перемещения 37% реперов имеют значимый коэффициент

корреляции с количеством выпавших осадков. Из них 56% реперов заложены в глину, глинистые грунты или суглинки и лишь половина из них имеет относительные перемещения, амплитуда вариаций которых значительно превосходит ошибки определений. Поскольку перемещения с аномальной амплитудой имеют реперы, заложенные и в глинистые грунты, и в скальные породы, то аномальные перемещения реперов нельзя однозначно объяснить разбуханием глинистых грунтов при их увлажнении. Было проверено предположение Ю.П.Сковородкина о том, что источником колебательных вертикальных движений может быть изменение гидрорежима приповерхностных слоев. При сопоставлении данных изменения уровня воды в гидрорежимных скважинах с амплитудами вертикальных движений близрасположенных реперов обнаружена корреляция между ними с коэффициентом 0,7-0,8. Полагая, что эта взаимосвязь является не случайной, физической причиной локальных аномальных вертикальных движений может служить изменение ординаты свободной поверхности подземных вод, вызванного выпавшими осадками, что в свою очередь может обуславливать деформацию отдельных блоков горных пород при проникновении воды в трещины. Участки, где расположены репера, испытывающие колебательные движения, связанные с изменением гидрорежима, очевидно являются зонами гидродинамической разгрузки, а следовательно и зонами разуплотнения.

В.Г.Гутерман, Я.М.Хазан (Киев, СССР)

ВОЗМОЖНЫЙ МЕХАНИЗМ ПОДГОТОВКИ СИЛЬНЫХ МЕЛКОФОКУСНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

Общепризнано, что в акте землетрясения происходит сброс упругой энергии, накопленной в среде в процессе подготовки события. В работе предлагается и анализируется схема, в которой подготовка сильных мелкофокусных землетрясений связывается с существованием коровых магматических камер.

Д.Б.Джамалов, З.Зияханов, В.Б.Сираджитдинов (Ташкент, СССР)

МИГРАЦИЯ СЕЙСМОГЕННЫХ ЗОН СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ФЕРГАНЫ ПО ЭТАПАМ ЧЕТВЕРТИЧНОГО ПЕРИОДА

Исследуемый район в сейсмическом отношении является одним из активных регионов Средней Азии. В четвертичное время он проявил себя весьма интенсивно. В результате четвертичных тектонических движений проявились обвальное-осыпные процессы в зонах разломов. Образование завальных озер связано, вероятно, с сильными катастрофическими палеоземлетрясениями. Приуроченность обвальных масс, их размещение по простиранию активных четвертичных разломов и наличие древних озер объясняется палеосейсмодислокациями, активно проявившиеся на различных этапах четвертичного периода. При этом миграция границы сейсмогенных зон смещалась с севера на юг. Так для среднечетвертичного периода эта зона проходила по Чаткало-Атойнакскому разлому, о чем свидетельствуют завальные озера Кугала и Сары Челек. В позднечетвертичное время сейсмическая активизация переместилась в зону Северо-Ферганского разлома, который характеризуется широким развитием обвальное-осыпных процессов на всем ее протяжении. В голоценовое время сейсмическая активизация сосредоточена в зоне Присырдарьинского разлома. Здесь мы наблюдаем очаги катастрофических землетрясений (Наманганское 1912 г., Яртепинское 1942 г., Палское 1984 г. и др.).

По данным повторных нивелировок, проходящих по зоне Присырдарьинского разлома (1930-1944, 1944-1978 гг.), были выявлены следующие закономерности проявления дифференцированных современных движений. Установлено, что в северной, приподнятой части Присырдарьинского разлома СДЗК имеют положительные значения (+0,8; +1,8 мм/год), а в опущенной - отрицательные значения (-0,2 мм/год - -1,0 мм/год).

А.А.Дзюба (Хабаровск, СССР)

СЕЙСМОГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЙ РЕЖИМ БАЙКАЛЬСКОЙ РИФТОВОЙ ЗОНЫ

Повышенная температура подземных вод во впадинах рифтовой зоны необходимый, но недостаточный показатель ее современной проницаемости (раскрытости) для флюидов. Широкое распространение во впадинах термальных (40+70°C) пластовых гид-

рокарбонатных натриевых метановых вод отражает главным образом опосредованное - вследствие интенсивного теплового потока - влияние подкоровых областей. Показателем современной раскрытости разломов снизу является существование трещинно-жильных сульфатных натриевых гидротерм и углекислых вод (отсюда - направление организации мониторинга).

Наблюдается достаточно отчетливая зависимость между распределением родников глубинных вод и участков с повышенной концентрацией эпицентров землетрясений. На территориях, примыкающих к участкам с отчетливыми контурами, глубинные родники не проявляются (отсюда - объяснение отсутствия изменений гидрогеологической обстановки, процессов в геофизической среде даже при близких землетрясениях). На территориях, смежных с участками, имеющими "размытые" границы распределения эпицентров, глубинные родники получают развитие (случаи реакции эндогенных факторов на далекие землетрясения).

Показательно наличие глубинных родников на продолжении полосовидных, ориентированных вкрест простирания рифта, скоплений эпицентров. Причем, они наблюдаются и за пределами рифтовой зоны - на окраине платформы и в Забайкалье. Трансзональная выдержанность гидрогеодинамических процессов предполагает существование единых мантийных причин подвижек.

Дэнг Квидонг, Ву Жанлинг (Пекин, КНР)

РАЗРЫВЫ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ СИЛЬНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯХ, РАЗЛОМООБРАЗОВАНИЕ В ГОЛОЦЕНЕ, СОВРЕМЕННЫЕ ДВИЖЕНИЯ ЗЕМНОЙ КОРЫ В ЗАПАДНОМ КИТАЕ

Значительные современные движения земной коры наблюдаются в Западном Китае в области, включающей Тибетское нагорье, горы Тянь-Шань и Алтай и т.д.. Северной границей Тибетского нагорья, от разлома Алтан Шан и северного пограничного разлома Килнан Шан до разлома Хайан на юго-востоке, является зона разлома с преимущественно левосторонним смещением, однако на центральном участке северный граничный разлом Килнан Шан ведет себя существенно по-иному. Скорость смещения по разлому в голоцене 10 мм/год или больше; поверхностные разрывы с левосторонним смещением по ним проис-

ходили при землетрясении Чангма ($M_s = 7,5$) в 1932 году, при землетрясении Гуланч ($M_s = 8$) в 1927 году и при землетрясении Хайан ($M_s = 8,6$). Зона поверхностных нарушений, образовавшихся при землетрясении Хайан, имеет протяженность 273 м, максимальное смещение 10–11 метров. Гималайские разломы по южной границе Тибетского нагорья характеризуются сильными движениями реверсного характера. По разломам, разделяющим блоки второго порядка в пределах самого Тибетского нагорья, наблюдаются как лево-, так и правостороннее смещения, что свидетельствует о том, что скорости движений этих блоков различны. Блок Сычуань имеет максимальные скорости движения. Северной границей блока является разлом Ксианшунхе, по которому в голоцене происходили левосторонние смещения со скоростью 15 мм/год.

Разрыв поверхности при землетрясении Лухуо ($M_s = 7,9$) в 1973 году, образовавшийся вдоль этого разлома, составил 90 км с максимальным смещением 3,6 метра. Скорость движений по разлому Хонгхе, представляющему южное ограничение блока Сычуань-Юнань и характеризующемуся правосторонним смещением, составляла 6–9 мм/год в голоцене.

Ряд сильных землетрясений происходил также вдоль разломов, разграничивающих другие блоки второго порядка. Разломы в горах Тянь-Шань в основном реверсивны. Для группы разломов с северо-западным простиранием в Алтае характерны правосторонние смещения. Например, поверхностный разрыв длиной 180 км с правосторонним смещением образовался максимально на 14 метров по разлому север-северо-западного простирания Коктокай-Эртикс при землетрясении Фуйюн ($M_s = 8$) в 1931 году.

Данные по крупным разломам, сохраняющим свою активность с голоцена, а также результаты изучения более чем десяти зон разрывов поверхности от сильных землетрясений по геодезическим наблюдениям, позволяют составить представление о характере и распределении современных движений земной коры в Западном Китае.

Д.Димитров^х), К.Ламали^{хх}), А.Кхалфоун^{хх}), Х.Бенхаллоу^{хх})
(^хСофия, НРБ; ^{хх}Алжир, Алжир)

ПОСТСЕЙСМИЧЕСКИЕ ДВИЖЕНИЯ НА РАЗЛОМЕ ЭЛЬ-АСНАМ, АЛЖИР (1981-1988 гг.)

Многочисленные сейсмические события в области Магриб и Западном Сердизеомноморье отражают интенсивную современную активность. Сильное Эль-Аснамское землетрясение 10 октября 1980 года ($M = 7,3$) сопровождалось образованием разрывов земной поверхности вдоль 36-ти километрового надвига. Нами исследованы современные движения земной коры с помощью прямых геодезических измерений, выполненных вблизи разлома Эль-Аснам. Были организованы систематические съемки всей зоны разлома на сетях по изучению вертикальной и горизонтальной составляющих движений. Эти съемки включают следующие виды работ: периодическое высокоточное нивелирование хода длиной 50 км и закрепленного 53 пунктами (использовались нивелиры N -3 и NAZ), периодические повторные измерения на триангуляционной сети, включающей 21 пункт (угловые измерения выполнялись теодолитом Т-3, а измерения длин линий лазерным дальномером АГА-600 и З1 -20), гравиметрические измерения на всех точках сети с помощью гравиметра Лакоста-Ромберг. Нивелирные наблюдения, выполненные с 1981 по 1988 годы показывают поднятие северо-западного блока со скоростью 5 (± 1) мм/год, в то время как юго-восточное крыло разлома относительно стабильно. Более того выявлено север-север-запад - юго-юго-восточное сжатие с незначительным левосторонним сдвигом вдоль разлома, что выявлено по результатам четырех последовательных (повторных) наблюдений на горизонтальной сети. Эти деформации подтверждают общую тенденцию надвигания северо-западного блока.

В этих исследованиях четко выделяются постсейсмические смещения, они представляют важный фактор, ведущий к предсказанию поведения разлома.

В.Д.Дмитриев^х), С.Б.Золотарская^{хх}) (^хПетропавловск-Камчатский, ^{хх}Хабаровск, СССР)

СОВРЕМЕННЫЕ ВЕРТИКАЛЬНЫЕ ДВИЖЕНИЯ ЗЕМНОЙ КОРЫ КАМЧАТКИ

С интервалом времени в среднем в 10 лет оценены скорос-

ти современных вертикальных движений вдоль и вкост полуострова. Активные поднятия наблюдаются на Восточных полуостровах-горстах, достигающие 4 мм/год, по кромке Кронцко-го залива - 6 мм/год. Остальная часть полуострова, затрону-тая линиями повторного нивелирования протяженностью до 2 тыс.км, опускается со скоростями 14-19 мм/год. Эти значения характеризуют максимальные погружения прогибов. Горст-анти-клиновые структуры и свод испытывают слабые погружения в 5-10 мм/год.

Активность фронтальной части полуострова обусловлена взаимодействием двух плит в условиях блоковых движений с перекосом и погружением горстов полуостровов по падению сейсмофокальной зоны. При удалении от океана преобладают тенденции к общим контрастным опусканиям с распадом и форми-рованием зон растяжения. Замедленные опускания испытывают фланги горст-антиклинорных структур с переработкой их над-разломными грабенами с палеосейсмодислокациями. В пределах свода формируются раздвиги и надсводовая впадина, переком-пенсированная вулканитами. Динамика современных движений предопределена голоценовыми структурами, во многом унасле-дованными от подвижек блоков мелового основания, вплоть до глубины 5 км, с прямой зависимостью глубин погружения кров-ли меловых пород и скоростей движений. Взаимосвязи современ-ной активности и дифференциации блоков земной коры являются основой для построения современной геодинамической модели полуострова в комплексе с сейсмологическими показателями.

Б.П.Дьяконов, А.К.Троянов, В.А.Фадеев (Свердловск, СССР)
ДЕФОРМАЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ И СЕЙСМОАКУСТИЧЕСКИЙ ШУМ В ЗЕМНОЙ
КОРЕ

В условиях неоднородной иерархически блочной структуры земной коры наблюдения из космоса и на поверхности не рас-крывают достаточно полно деформационные процессы, связан-ные с накоплением и релаксацией напряжений во внутренних точках среды. Для получения соответствующей информации изу-чались сейсмоакустические шумы по разрезу скважин в сейсми-чески стабильных областях. В определенных условиях основной вклад в измеряемый шум вносит акустическая эмиссия, сопро-

вождающая перестройку системы трещин, появление новых дефектов при деформации пород. Что это на самом деле так, показали измерения в толще магматических, метаморфических и осадочных пород на глубинах до 3 км. При этом установлена возможность дифференциации геологического разреза по особенностям сейсмоакустического шума. В среднем интенсивность шума выше в породах кристаллического комплекса и примерно в три раза ниже в осадочных отложениях. Особенно высоким уровнем шума отмечаются зоны повышенной трещиноватости и раздробленности пород, если даже литостатическое давление изменяется в десятки раз, достигая 80 МПа. Следовательно, прочность пород и энергия активации на разрыв не всегда изменяются согласованно с литостатическим давлением. Распределение сейсмоакустических шумов по разрезам скважин дает возможность выделять ослабленные зоны, оценивать их деформационные характеристики и контролировать динамику напряженного состояния горного массива.

М.Н.Дубров, В.А.Алешин (Москва, СССР)

ЛАЗЕРНЫЕ ДЕФОРМОГРАФЫ: НОВЫЕ РАЗРАБОТКИ И ПРИМЕНЕНИЕ ДЛЯ ПРОГНОЗА ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

Недорогой лазерный деформограф без привычной откачиваемой защитной трубы и громоздкой электроники может оказаться подходящим инструментом для современных геодинимических наблюдений. Температурная погрешность величиной $1 \cdot 10^{-8} \text{ K}^{-1}$ инструмента с воздухомонаполненным трубопроводом обеспечивает на порядок более высокую стабильность по сравнению с кварцевыми или проволоочными деформографами. Достигнута чувствительность $\Delta e/e = 10^{-11} - 10^{-12}$, диапазон частот расширен до 1 кГц.

Разрабатывается также лазерный деформограф на основе интерферометра с обратной связью. Инструмент содержит трехзеркальный интерферометр и гетеродинную систему регистрации, позволяющую измерять смещения удаленного зеркала с разрешением 1 нм при длине плеча до 800 м.

В течение ряда лет проводятся испытания лазерных деформографов на нескольких геофизических станциях и полигонах. В ходе испытаний нами отмечены явления, касающиеся проблемы сейсмического прогноза. Первое из них относится к широко

известным бухтообразным вариациям деформаций перед крупными землетрясениями. Эти аномалии четко выделяются на фоне сезонных и вековых дрейфов и имеют продолжительность около 100 часов. Но удивительно то, что чем больше длина деформографа, тем на большем расстоянии проявляется его чувствительность к надвигающемуся сейсмическому событию. Более того, эта характеристика инструмента, как оказывается, справедлива и для другого явления, связанного с процессами подготовки землетрясений. Мы обнаружили значительное уменьшение затухания высокочастотных микросейсмических волн в земной коре перед сильными землетрясениями. В диапазоне 24-25 Гц такое уменьшение наблюдалось для 31 землетрясения с $M=6,5-7,9$ на расстоянии 2500-12000 км от инструмента. Для 29 событий явление начиналось за 5-125 часов до основного толчка. Предстоит тщательный анализ этих процессов для их правильного объяснения.

Э.М.Евсеева, В.В.Киричук (Львов, СССР)

О СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДАХ ИЗУЧЕНИЯ, ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И КАРТИРОВАНИЯ СВДЗК (НА ПРИМЕРЕ КАРПАТО-БАЛКАНСКОГО РЕГИОНА И ВОСТОЧНЫХ КАРПАТ)

Общую картину о СВДЗК представляет карта скоростей вертикальных движений земной коры на определенную эпоху. Такая карта составляется в два этапа: а) обработка результатов повторных нивелирований с целью вывода величин скоростей СВДЗК; составление карты изолиний этих скоростей для изучаемого региона.

На каждом из этих этапов широко применяется статистический метод средней квадратической коллокации (МСКК). В рамках этого метода обычно решаются три задачи: уравнивание результатов измерений, их фильтрация и интерполяция (прогноз) на основе единого принципа, принципа наименьших квадратов (ПНК).

На первом этапе МСКК сводится к применению обобщенного ПНК, учитывающего факт объективно существующей зависимости результатов измерений в системе повторных нивелирований. На втором этапе МСКК требует выделения детерминированной составляющей поля СВДЗК (тренда). Здесь лучшие результаты

дает также применение статистических методов, в основе которых лежит отождествление статистической структуры информации об изучаемом поле с реальными структурами других физических полей, что позволяет одновременно с этим этапом решать вопросы генезиса СВДЭК, тектонического районирования и т.п. После выделения тренда МСКК сводится к средне-квадратическому прогнозу по Колмогорову-Винеру.

Н.А.Жаринов^{х)}, Г.А.Шароглазова^{хх)} (^хПетропавловск-Камчатский, ^{хх}Хабаровск, СССР)

ДЕФОРМАЦИИ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ НА КЛЮЧЕВСКОМ ГЕОДИНАМИЧЕСКОМ ПОЛИГОНЕ

Ключевской геодинимический полигон (ГДП) создан с целью слежения за деформациями земной поверхности, вызванных деятельностью трех действующих вулканов полуострова Камчатка: Ключевского, Безымянного, Шивелуч, из которых основное место занимает вулкан Ключевской.

Ключевской вулкан - высочайший и активнейший вулкан Курило-Камчатского вулканического пояса. Его высота 4750 м, возраст 7000-8000 лет; из 29 действующих вулканов Камчатки он занимает основное место по количеству извергаемых продуктов (60 млн. тонн/год) и по продолжительности извержений.

Регулярные геодезические линейно-^угловные и нивелирные измерения на Ключевском ГДП ведутся с 1978 года, включая в себя как измерения на обширной площади (около 4 тыс.км²), так и измерения на локальных площадках. К настоящему времени для исследуемой территории построены схемы площадного распределения деформаций земной поверхности и графики скоростей вертикальных движений нивелирных знаков. Выполнен анализ с учетом информации о землетрясениях и извержениях. По данным нивелирования выявлены предвестники некоторых извержений.

Д. Жеков^х), И. Гиниятов^{хх}), И. Здравчев^х), С. Гоподинов^х)
(^хСофия, НРБ; ^{хх}Новосибирск, СССР)

О ВЛИЯНИИ РЕЗУЛЬТАТОВ НАБЛЮДЕНИЙ РАЗНЫХ ЭПОХ НА ОЦЕНКУ ПАРАМЕТРОВ СОВРЕМЕННЫХ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ДВИЖЕНИЙ ЗЕМНОЙ КОРЫ

Основным источником информации при оценке параметров современных вертикальных движений земной коры (СВДЗК) являются многомерные временные ряды геодезических наблюдений, полученные в результате высокоточного геометрического нивелирования. Они представляют собой совокупность результатов измерений, выполненных в отдельные моменты времени (эпохи наблюдений), разделенные между собой определенными по величине временными интервалами. Искомые параметры СВДЗК получают в результате математической обработки наблюдений, используя тот или иной метод фильтрации (уравнивания) измерений.

При исследовании СВДЗК на территории отдельного государства имеется, как правило, небольшое число эпох наблюдений. Оценивание параметров СВДЗК в большинстве случаев предполагает модель равномерного движения. При этом возникает вопрос о выборе измерительной информации, на основе которой выполняется оценка искомых параметров. Считается, что исключение информации промежуточных эпох ведет к ухудшению результатов оценки.

В данной работе выполнен сравнительный анализ четырех моделей оценки параметров СВДЗК, отличных друг от друга по выборке измерительной информации. Теоретически показано, что для случая трех эпох наблюдений, симметрично расположенных во времени, скорости СВДЗК являются функциями результатов измерений лишь первой и третьей эпох, в то время как высоты пунктов зависят от измерений всех трех эпох. Получены готовые формулы для вычисления скоростей СВДЗК, упрощающие процедуру оценки.

Результаты, полученные авторами при математической обработке наблюдений трех эпох, выполненных в государственной нивелирной сети I класса Н Р Болгарии, полностью подтверждают теоретические выводы.

В.С.Жуков, С.Ф.Измюмов, Е.Г.Канель, Б.С.Каррыев, В.Г.Косарев, Ю.О.Кузьмин (Ашхабад, СССР)

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОСВЯЗИ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ И СЕЙСМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В АШХАБАДСКОМ СЕЙСМОАКТИВНОМ РАЙОНЕ

1. Рассматриваются результаты совместного анализа геодинамического и сейсмического режима за девятилетний период в Ашхабадском сейсмоактивном районе. Основой для сопоставления послужили данные многократных повторных нивелирований и локальной сейсмической сети, полученные в наиболее контрастных (приразломных) участках. Анализ результатов показал, что на участках с повышенной геодинамической активностью отмечается более низкий уровень сейсмичности. Подобное поведение справедливо как в пространстве, так и во времени, когда в пределах одного фиксированного участка с течением времени вариации геодинамического и сейсмического процессов имеют антифазный характер.

2. Для установления природы полученных взаимосвязей привлечены результаты физического моделирования процессов деформации и разрушения образцов горных пород в условиях длительного (месяцы) нагружения с параллельной регистрацией акустических и деформационных параметров. Полученные результаты подтвердили характер выявленных взаимосвязей.

3. Проведенный сопоставительный анализ свидетельствует в пользу того, что в периоды интенсивного проявления современных деформационных процессов, уровень выделенной сейсмической энергии спадает, что, по-видимому, связано с диссипирующими свойствами динамической активности разломных зон.

С.Б.Золотарская^Х), А.П.Кириенко^{ХХ}), М.А.Магуськин^{ХХ}),
Г.А.Шароглазова^Х) (Хабаровск, ХХ Петропавловск-Камчатский,
СССР)

ДЕФОРМАЦИИ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ, ВЫЯВЛЕННЫЕ ПО ГЕОДЕЗИЧЕСКИМ ДАННЫМ 1962-1986 ГГ. В РАЙОНЕ Г. ПЕТРОПАВЛОВСКА-КАМЧАТСКОГО, И ИХ СВЯЗЬ С СЕЙСМИЧНОСТЬЮ

Район г. Петропавловска-Камчатского - один из наиболее освоенных и населенных на полуострове Камчатка. В нем проживает около 70% всего населения Камчатской области и сосредоточено большинство крупнейших промышленных предприя-

тий. Однако он постоянно подвергается опасности сильных землетрясений и извержений вулканов, так как находится в зоне 9-балльных землетрясений, а в 20-30 км от города располагаются два активных вулкана: Авачинский и Корякский.

В г. Петропавловске-Камчатском и его окрестностях в течение 30 лет проводится комплекс различных исследований по изучению СДЗК и поиску предвестников землетрясений и извержений вулканов. Геодезические исследования выполняются здесь с 1962 года. Их объем следующий: нивелирование I и II классов в районе Авачинского вулкана (5-14 циклов по двум линиям); 4 цикла высокоточных линейно-угловых измерений на Петропавловск-Камчатском геодинимическом полигоне (ГДП, площадь 2,5 тыс. км²); 2-5 циклов высокоточного нивелирования по протяженным линиям, проходящим вдоль различных геологических структур ГДП; круглогодичные режимные светодальномерные наблюдения с обсерватории Мишенная (начиная с 1979 г.) и нивелирные измерения вдоль 4-х километрового профиля (начиная с 1986 г.).

В результате работ получены характеристики деформаций земной поверхности, установлена их связь с сейсмичностью и определены активные участки, на которых целесообразно проводить режимные измерения для поисков предвестников. Геодезические работы в районе г. Петропавловска-Камчатского должны быть расширены. Они настоятельно требуют оснащения новейшей геодезической аппаратурой.

В.М.Ившин (Петропавловск-Камчатский, СССР)

СКВАЖИННЫЙ НАКЛОНОМЕР

В предлагаемом докладе дается описание скважинного накломера, разработанного в Институте вулканологии, и способ установки его в скважине глубиной 50-100 м. Наклономер состоит из датчика и системы регистрации.

Датчик накломера представляет собой цилиндр длиной около 1,5 м диаметром 10 см, внутри которого размещены электролитические уровни и плата электронной схемы.

Система регистрации состоит из пяти блоков, выполняющих следующие функции. Блок управления, в состав которого входит микропроцессор, обеспечивает работу системы по за-

данной программе. Кроме того, в этом блоке производится предварительная обработка данных. Блок реального времени ведет отсчет времени от момента запуска системы. Блок релейного коммутатора и аналого-цифрового преобразователя предназначен для коммутации каналов датчика и преобразования его аналоговых сигналов в цифровые. В блоке памяти полученные данные записываются в перепрограммируемые постоянные запоминающие устройства, позволяющие хранить информацию неограниченно долго. Блок индикации и контроля служит для проверки работоспособности системы. С его помощью может осуществляться также чтение информации из блока памяти. Система регистрации позволяет подключать к ней, кроме накломера, еще четыре аналоговых датчика. Такими датчиками могут быть, например, измерители температуры, осадков и давления, которые дают возможность получить информацию, необходимую для оценки величины метеорологических помех.

В.М.Ившин (Петропавловск-Камчатский, СССР)

НАКЛОНЫ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ В РАЙОНЕ СЕЙСМОФОКАЛЬНОЙ ЗОНЫ КАМЧАТКИ

С целью поиска предвестников землетрясений в районе Петропавловска-Камчатского создается сеть наклономерных пунктов с ячейками порядка 10-20 км. Сеть будет состоять из накломеров, разработанных в Институте вулканологии, которые устанавливаются в скважины глубиной 50-100 м.

Концепция проводимых работ была выработана на основе длительных наблюдений наклонов земной поверхности в районе сейсмофокальной зоны Камчатки. Наблюдения велись с помощью скважинных накломеров модели ТМ-IV фирмы Kinematics которые устанавливались на глубину 3-10 м.

В настоящем докладе приводятся результаты наклономерных наблюдений, проведенных на мысе Налычева, Кроноцком и Камчатском полуостровах восточного побережья Камчатки и на острове Беринга. Приводятся характеристики векового хода наклонов, рассматривается влияние на наклоны гидрогеологических, гидрологических и метеорологических факторов. Изучается связь наклонов с землетрясениями.

И.Йоо (Секетфехервар, ВНР)

СОВРЕМЕННЫЕ ВЕРТИКАЛЬНЫЕ ДВИЖЕНИЯ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ В КАРПАТАХ И КАРПАТСКОМ БАССЕЙНЕ

В рамках взаимного сотрудничества геодезических служб и академий наук европейских социалистических стран уже более десятка лет ведутся интенсивные и повторные геодезические исследования с целью определения характера современных вертикальных движений земной коры на территории от Урала до Восточной Европы. На первом этапе работ (во второй половине 60-х годов) использовались данные повторных нивелирований, имеющиеся в то время в нашем распоряжении. Позже геодезические службы создали новую особо высокоточную нивелирную сеть. Использование этой сети сделало возможным дальнейшее повышение надежности выведенных скоростей движения. В наши дни на территорию, охватывающую Карпаты, уже два раза были изготовлены карты современных вертикальных движений земной коры в масштабе 1:1000000. Принимая во внимание краткоизложенные выше исследования, сегодня довольно хорошо можно описать вертикальные движения, которые и в настоящее время имеют место в Карпатском регионе. В докладе будут представлены результаты, полученные как на всей территории, так и на ее главных геологических и географических частях. При этом будет показан новейший план работ исследований вертикальных движений в данном регионе, в рамках которого будут выведены горизонтальные градиенты вертикальных скоростей. Посредством горизонтальных градиентов (по всей длине исследуемых линий) смогут быть выявлены подробные тенденции движений. В рамках этой последней главы будет представлена предварительная карта горизонтальных градиентов, выведенных на территорию Венгрии, в масштабе 1:1000000.

А.И.Карапетян (Ереван, СССР)

О ДВИЖЕНИЯХ И ДЕФОРМАЦИЯХ ЗЕМНОЙ КОРЫ ТЕРРИТОРИИ АРМЯНСКОЙ ССР И СВЯЗАННЫХ С НИМИ РУДОСКОПЛЕНИЯХ

На территории Армянской ССР проявлены признаки глобальных, региональных и локальных движений земной коры. Сопровождались они определенными типами деформаций и в оп-

ределенных случаях привели к образованию рудоскоплений.

Глобальные движения обусловлены перемещениями Афро-Аравийской литосферной плиты и Закавказского срединного массива, вдоль границы которых, в зависимости от взаимной направленности этих движений, в разные геологические эпохи формировались зоны спрединга или субдукции. Деформации в связи с глобальными движениями приурочены главным образом к зонам коллизий Афро-Аравийской плиты. Здесь же развиты рудоскопления, представленные вулканогенно- и плутоногенно-гидротермальными формациями, связанными с подкоровым и коровым магматизмом.

Региональные движения по сравнению с глобальными движениями характеризуются большей сложностью и интенсивностью. Наряду с горизонтальными движениями Афро-Аравийской плиты, в них важная роль принадлежит вертикальным движениям. Связанные с ними деформации и рудоскопления наиболее интенсивно развиты вдоль стыковых зон крупных структурных единиц и блоков высшего порядка. Представлены они зонами активных, весьма протяженных разломов, в пределах которых развиты рудно-магматические системы преимущественно с коровым веществом.

Локальные движения характеризуются еще большей интенсивностью и сложностью, обусловленными вертикальными и горизонтальными перемещениями вдоль локальных тектонических структур или мелких блоков фундамента и (или) чехла. В них определенную роль играют также характерные для этих локальных участков земной коры глобальные и региональные движения. Конечный эффект наиболее значителен для стыковых зон блоков, характеризующихся разными тенденциями перемещения - стабильного поднятия и погружения, воздымания и погружения. Уменьшают эффект локальных движений однонаправленность, но разная скорость перемещения соседствующих блоков. Связанные с локальными движениями деформации охватывают главным образом чехол, отчасти фундамент земной коры, представлены они дизъюнктивными и пликативными дислокациями, грабенами, горстами, оползнями. Рудоскопления представлены рудными формациями и рудномагматическими системами преимущественно с коровым веществом.

Б.К.Карапетян (Ереван, СССР)

ИНЖЕНЕРНО-СЕЙСМОЛОГИЧЕСКОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ СПИТАКСКОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ 7 ДЕКАБРЯ 1988 Г.

Установленные впервые нами специфические особенности Спитакского землетрясения 7 декабря 1988 года, выразившиеся в повторности сейсмического воздействия в виде двух толчков с продолжительностью между их началами в 4 минуты и 20 секунд и превалирующей величине вертикальной составляющей колебаний, существенно усилили сейсмический эффект землетрясения на здания и сооружения.

По имеющимся инструментальным данным интенсивности двух толчков, отнесенные к средним грунтовым условиям, получились соответственно равными: в эпицентре 9-10 и 8-9 баллов, в Спитаке 9 и 8 баллов, в Ленинакане 9 и 8 баллов, в Кировокане 8 и 7 баллов, в Степанаване 8 и 7 баллов, в Гукасяне 8 и 7 баллов, в Ереване 6 и 5 баллов. При этом балльности, установленные по данным, полученным с помощью сейсмографов и маятниковых сейсмометров (маятник с $T=0,25$ с), в пределах точности измерений, оказались одинаковыми.

Кривые спектров реакций для первых двух последующих друг за другом толчков, полученные по записям ускорений в Гукасяне, показали на несравненно большую величину на участке периодов 0,15...0,80 с в одном направлении и 0,10...0,40 с в другом. На территории Ленинакана этот диапазон периодов из-за более слабых грунтов был больше.

Вертикальная составляющая колебаний получилась одного порядка с горизонтальной. Спектры реакций для вертикальной составляющей, полученные маятниковыми сейсмометрами, в ряде случаев по величине оказались выше горизонтальной (в Ленинакане и даже в Ереване).

Нами установлен "тройной сейсмический эффект" грунтов на сейсмическое воздействие при землетрясении (за счет свойств самих грунтов, за счет взаимодействия между грунтами и зданиями и сооружениями, за счет появления резонанса в них), особенно ярко проявившийся в усилении сейсмического эффекта на территории Ленинакана.

Осуществлен анализ поведения зданий и сооружений при землетрясении с учетом особенностей его проявления. При

этом нами в шкале МЖК-64 установлено противоречие, заключающееся в приведении в ней современных зданий и, одновременно, указания, что рассматриваются здания без антисейсмических мероприятий. Однако, это противоречие может не учитываться, поскольку антисейсмические мероприятия в них недостаточны. Тогда по их повреждению можно устанавливать балльность.

Установлена возможность по полученным данным построить расчетные акселерограммы и спектры реакций для участков территории АрмССР.

Н.К.Карапетян (Ленинакан, СССР)

ОЧАГ СПИТАКСКОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ 7 ДЕКАБРЯ 1988 ГОДА И МЕХАНИЗМ ЕГО ВОЗНИКНОВЕНИЯ

В результате изучения механизма очагов свыше 160 землетрясений, происшедших в период с 1951 по 1985 гг., выявлены особенности механизма и напряженного состояния в очагах землетрясений Армянского нагорья.

Проведен сравнительный анализ по сейсмичности, механизму очагов и напряженному состоянию в очагах землетрясений Ленинаканского региона (на территории которого расположена эпицентральной зона Спитакского землетрясения 7 декабря 1988 года) с остальными регионами Армянского нагорья.

Определены механизмы очагов Спитакского землетрясения, его форшока и его афтершоков. Рассмотрен вопрос о связи между напряжениями и плоскостями разрывов в очагах главного толчка и афтершоков. Исследовано изменение динамических параметров очага Спитакского землетрясения во времени и в пространстве.

На основании механизма очага форшока и данных о V_p/V_s установлен прогностический признак для Спитакского землетрясения.

Сделаны выводы о геодинамике эпицентральной области землетрясения.

При сопоставлении полученных результатов с геологическими и геофизическими данными установлен механизм возникновения Спитакского землетрясения 7 декабря 1988 года.

Р.М.Кармалеева^{x)}, Нгуен Чонг Ием^{xx)}, Нгуен Динь Ту^{xx)},
Ле Минь Куок^{xx)}, Чан Куок Хунг^{xx)} (^xМосква, СССР;
^{xx}Ханой, СРВ)

ИЗМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ДВИЖЕНИЙ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ В ОДНОМ ИЗ РАЙОНОВ АКТИВНОГО ТРЕЩИНООБРАЗОВАНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ ХАНОЙСКОЙ ДЕПРЕССИИ (СРВ)

Исследуемый район (провинция Чи Линь) расположен в переходной зоне между двумя крупными структурами северо-восточным блоком поднимающегося горного массива и депрессией Красной реки. В районе отмечаются процессы активного современного трещинообразования. Большие трещины, длина которых достигает сотен метров, а ширина нескольких метров, имеют субширотное простирание по ломаной линии. Наблюдаются также короткие трещины в виде срывов северо-западного простирания и трещины растяжения в направлении С-Ю. В районе проводятся геологические и геодезические исследования с целью выявления причин наблюдаемого процесса. Для исследования тонкой структуры поля скоростей вертикальных и горизонтальных смещений в одном из пунктов района в 1984 г. организованы наблюдения с помощью кварцевых деформометров-криптометров и гидростатических нивелиров. Точности отсчетов $5 \cdot 10^{-6}$ и 10^{-6} соответственно. Приборы установлены в траншее на глубине около 4 м на коренные породы.

В данной работе приводятся результаты анализа наблюдаемых данных. Скорости сезонных и медленных горизонтальных деформаций имеют порядок 10^{-5} /год, а вертикальных 10^{-4} /год. Таким образом, данный район характеризуется высокой тектонической активностью. Получены спектральные характеристики регистрируемых процессов, а также корреляционные зависимости от метеорологических воздействий.

Б.С.Каррнев, Е.Г.Канель, А.А.Ишанкулиев (Ашхабад, СССР)

ВОПРОСЫ СЕЙСМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ЭПИЦЕНТРАЛЬНОЙ ЗОНЫ РАЗРУШИТЕЛЬНОГО АШХАБАДСКОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ 1948 ГОДА

Обсуждаются результаты исследования сейсмической активности Ашхабадского района за последние 32 года (1956–1988 гг.). Рассматриваемая территория включает эпицентральные зоны Ашхабадских землетрясений 1948 и 1968 гг. В ка-

честве параметров, характеризующих сейсмичность используются: суммарная энергия ($E = \sum E_i$), число ($N = \sum n_i^K$) землетрясений, произошедших на задаваемых интервалах времени, длительность и положение зон возникновения роев землетрясений.

В результате анализа сейсмических временных рядов выявлены особенности изменения сейсмической активности в период подготовки и возникновения местных ощутимых землетрясений (1968, 1982, 1987 гг.) с $K \geq II$. Установлены характерные элементы временной структуры слабой сейсмичности с $K \leq 7$ (суточный ход, характер группирования и др.) и пространственного положения эпицентров сгруппированных землетрясений. Рассматривается возможность использования анализируемых параметров в сейсмическом мониторинге очаговой зоны сильного землетрясения.

Б.С.Каррнев, Е.Г.Канель, В.Г.Косарев (Ашхабад, СССР)

ИССЛЕДОВАНИЕ СЕЙСМИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА НА АШХАБАДСКОМ ГЕОДИНАМИЧЕСКОМ ПОЛИГОНЕ

Обсуждаются результаты исследования временной структуры сейсмического процесса в эпицентральной зоне разрушительного Ашхабадского землетрясения 1948 г. Выявлены общие периодические компоненты на уровне одновременно наблюдавшихся процессов - акустические шумы на частотах 500+1000 Гц, сейсмические шумы на частотах 35+46 Гц, микросейсмичности (3 К 7). Общность проявления периодических компонент в различающихся по своим временным и частотным параметрам процессах указывает на единый механизм их формирования.

Обсуждается схема производства сейсмического мониторинга для контроля состояния недр Земли, опасных разрушительными землетрясениями и вопрос использования детерминированного хаоса в сейсмических временных рядах для прогноза землетрясений.

Особенности проявления сейсмоакустической активности в связи с сейсмичностью района наблюдений делают важным использование методов сейсмоакустики в сейсмическом мониторинге очаговых зон сильных землетрясений.

А.П.Карташов, Л.С.Рудова, Г.А.Сорокина (Алма-Ата, СССР)

СВЯЗЬ КИНЕМАТИКИ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ С ПРОЦЕССАМИ ТЕХНОГЕННОЙ ПРИРОДЫ

В настоящее время считается, что захоронение жидких промышленных отходов в глубокие поглощающие горизонты земной коры минимально отражается на экологической обстановке данной местности, однако до конца эта проблема не изучена, а технология захоронения требует постоянного контроля геодинамической надежности, в том числе и геодезическими методами.

В геокинематическом отношении захоронение жидких промышленных отходов на полигоне можно рассматривать как процесс, аналогичный процессу откачки пластовой жидкости, но с противоположной направленностью. Качественная модель современных движений земной поверхности (СДЗП) на полигоне представлялась исследователями как совокупность двух главных видов движений - медленных (фоновых) и быстрых (техногенной природы). Результаты пятилетнего изучения фоновых движений свидетельствуют об отсутствии значимых смещений в зонах тектонических нарушений кристаллического докембрийского фундамента и не позволяют дифференцировать исследуемую территорию по степени интенсивности смещений. Скорости вертикальной составляющей фоновых СДЗП не превышают возможных погрешностей их определения. Таким образом, значимыми по амплитуде смещениями являются только техногенные, представляющие собой спектр квазипериодических и релаксационных колебаний различных периодов и амплитуд, обусловленных особенностями режимов работы объекта. Основной составляющей спектра является годовая с амплитудой до 12 мм, вызванная нагнетанием полного годового объема жидкости и развивающаяся на фоне тренда (до 1 мм/год) за счет устойчивого водного дисбаланса.

Предлагается методика геодезического контроля геодинамической надежности подземного захоронения промстоков, рассмотрены особенности регулярных измерений, анализа и интерпретации полученных данных.

В.И.Кафтан (Москва, СССР)

ВЕРТИКАЛЬНЫЕ ДВИЖЕНИЯ ВУЛКАНА ТОЛБАЧИК (КАМЧАТКА) - АНАЛИЗ ТРИГОНОМЕТРИЧЕСКОГО НИВЕЛИРОВАНИЯ

Математико-статистический анализ четырехкратного тригонометрического нивелирования обширной территории площадью 2,3 тыс.км² позволил установить характер пространственно-временного распределения вертикальных движений земной коры, связанных с деятельностью вулкана Толбачик. Изменения высот с 1971-73 гг. по 1976 г. (заключительная фаза извержения 1975-76 гг.) определены в интервале от -16 до +50 см. Прекращение эруптивной деятельности с 1976 г. по 1977 г. сопровождается понижением поверхности главных вулканических конусов, достигающим - 42 см, и воздыманием юго-восточной части Толбачинского свода. С 1977 г. по 1985 г. в этом районе со скоростью около +5 см/год, продолжается накопление вертикальных смещений, отражающее тенденции глубинного перемещения магмы. Во все периоды наблюдений регистрируется постоянное понижение главных вулканических конусов. Его суммарное значение с 1971 г. по 1985 г. составляет - 70 см.

По изменениям высот оценены приращения объемов подкорового вещества. Значительные изменения общего объема произошли в периоды 1971-73 - 1976 гг. и 1976 - 1977 г. С 1977 по 1985 г. в юго-восточной части свода со скоростью 0,03 км³/год происходит увеличение объема, которое почти полностью компенсируется погружением основных конусов.

Статистический анализ наблюдений подтверждает надежность полученных характеристик.

И.Карц (Иерусалим, Израиль)

ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ДВИЖЕНИЙ ЗЕМНОЙ КОРЫ ВДОЛЬ РИФТА МЕРТВОГО МОРЯ

В геологии Леванта доминирует рифт мертвого моря (РММ), морфологически он представляет собой глубокую и узкую щель, простирающуюся с севера на юг от залива Элат и через долину Бекас в Ливане. Хотя происхождение, возраст и природа РММ остаются спорными, наличие трансформного разлома, вдоль которого Аравийская и Африканская плиты сместились на 100 км

одна относительно другой, признается единодушно. Геологические и геоморфологические данные подтверждают, что движение происходило в течение всего плейстоцена и возможно еще продолжается. Однако предполагаемые величины по своей величине отличаются по меньшей мере на порядок. Более того, скорости, основанные на геологических данных (смещение/возраст), существенно более высокие, чем скорости, вычисленные по сейсмическому слипу. Это расхождение может быть объяснено асейсмическим крипом, хотя все это может быть связано с некоторыми допущениями в оценках такого рода.

Таким образом представляется целесообразным использовать данные высокоточных геофизических измерений, изменения превышений, расстояний и направлений между хорошо закрепленными пунктами. Будучи свободными от инструментальных погрешностей, геотехнических и геофизических влияний, наблюдаемые смещения в сети говорят о скорости и природе современных движений земной коры.

Хотя мы имеем сложные модели геодезического анализа деформаций, в конкретных условиях их применение требует осторожности. Во-первых, предполагаемая трасса РММ вдоль ущелья реки Иордан сложена системой линеаментов, возникших, вероятно, за счет дробления, ротаций и геометрического положения границ плит. Линеаменты секут базальты и базальтовые покровы, так что величина и направление смещения по базисным линиям неизвестны. Стандартная дислокационная модель, обычно используемая в проектировании и анализе измерений геодезической сети, оказывается неприменимой и тогда должны приниматься во внимание результаты измерений по линиям второго порядка. Более того, в определенной точке тектонические движения включают компоненту достаточно устойчивого и однородного относительного движения плит, на которую накладывается компонента, отражающая изменения локального поля деформаций. Во-вторых, крутые склоны, трещиноватость и выветривания диктуют осторожность в исключении геотехнических эффектов и локальных деформаций, в то время как сложный рельеф также уменьшает точность работ. Сеть из 12 реперов, разнесенных на 1-2 км, состоит из 4 профилей - по два профиля по каждому борту Иорданского ущелья с 3-мя реперами на каждом профиле. Сеть заложена в области Кефар-Ханаси, для которой характерны хорошая выраженность струк-

туры, доступность, достаточная длина линий измерений, взаимная видимость точек, соответствующая крутизна склонов и стабильность геотехнических условий. С соблюдением этих условий создано 3 полигона, которые позволяют сравнить изменения вдоль ущелья и поперек его бортов. Измерены все элементы сети с построением внутренних профилей и фигур, предназначенных для выявления движений вкrest линеаментов второго порядка.

Все реперы закреплены цилиндрическими столбами, заглубленных в почву на глубину по меньшей мере 12 метров. Каждый репер снабжен уровнем, что позволяет выявлять латеральные нарушения, вызванные геотехническими эффектами. Все расстояния сети были измерены теллуromетром MA-100 и геодиметром AGA II4 и подтверждены теодолитными измерениями (Т-3). Было выполнено высокоточное нивелирование I класса в пределах восточного и западного полигонов, а также вдоль связующего профиля через ущелье Иордан. Проведены повторные измерения наклонов на всех реперах. Достигнутая точность измерений позволяет в будущем определять горизонтальные или вертикальные движения земной коры величиной 3-4 мм.

В этом году с применением дальномеров ДИ 2000 (и возможно ME 5000) и специальных приемников GPS точность и площадь работ увеличится. Существующая сеть через линию главного разлома РММ будет расширена к западу (Хар-Кнаап-Ахбара) и к востоку (Базак-Натур). Электрооптические измерения расстояний (ЕДМ) и наблюдения системой GPS вдоль этой внешней сети реперов с расстоянием между ними 4-7 км соединят более стабильные области, расположенные за пределами границ плит. Развитие сети к югу и северу будет обеспечено за счет привязки к большому полигону GPS с реперами в Манара, Рамта, Дливват-Иоав и Порпа.

Окончательная конфигурация сети позволит определять как региональную, так и локальную компоненты движения в зоне рифта Мертвого моря.

С.И.Кесельман^{х)}, П.Е.Котляр^{х)}, О.А.Кучай^{х)}, С.А.Тычков^{х)},
Л.И.Серебрякова^{хх)} (^хНовосибирск, ^{хх}Москва, СССР)

ДЕФОРМАЦИИ ПРИПОВЕРХНОСТНОЙ ЧАСТИ ЗЕМНОЙ КОРЫ ПО ДАННЫМ СЕЙСМОЛОГИИ И ГЕОДЕЗИИ НА БАЙКАЛЬСКИХ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ПОЛИГОНАХ

Анализ механизмов тектогенеза позволяет выделить высокочастотные компоненты тектонической активизации. В такие периоды наблюдается активизация тектонических процессов в коре и верхней мантии одновременно по всему земному шару. Проявлениями этих процессов являются горизонтальные и вертикальные движения отдельных блоков коры, фиксируемые геодезическими методами и, в частности, сопровождающиеся сейсмическими событиями, что подтверждается и прямыми измерениями. Так, с помощью лазерного деформографа Института теплофизики СО АН СССР, расположенного на Байкальском полигоне, 7.12.88 г. зафиксированы аномальные подвижки и деформации, происходившие синхронно со Спитакским землетрясением.

Наиболее содержательные результаты геодинамического анализа повторных плановых геодезических измерений, как нам представляется, получены в рамках тензорного представления данных - определены компоненты тензора деформации локально-однородной среды для Тункинского и Байкальского геодинамических полигонов. Особое внимание было уделено зонам разломов.

Независимым источником информации о процессах в недрах является анализ напряжений по данным механизмов очагов землетрясений. Рассматривается региональная тектоническая обстановка в данном районе на основе сопоставления поверхностных и глубинных деформаций.

А.П.Кириенко, В.С.Целищев, М.А.Магуськин (Петропавловск-Камчатский, СССР)

ОПЫТ РЕГУЛЯРНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ЛИНИЙ СВЕТОДАЛЬНОМЕРАМИ СП-2 НА ДЕФОРМАЦИОННЫХ ПЛОЩАДКАХ В РАЙОНЕ Г. ПЕТРОПАВЛОВСКА- КАМЧАТСКОГО

Геодезические измерения на деформационных площадках выполняются на Камчатке с целью поиска предвестников сильных землетрясений. Деформационные площадки контролируют

некоторые активные разломы. С января 1988 г. на двух площадках "Центр" и "Створ" начаты ежемесячные измерения линий светодальномерами СП-2. Площадка "Центр" представляет из себя геодезический четырехугольник, в котором измеряются все стороны и диагонали в прямом и обратном направлениях. Длины линий от 0,4 км до 1,8 км. На второй площадке установлено в створе 4 пункта, между которыми измеряются линии во всех комбинациях в прямом и обратном направлениях. Длины линий от 0,3 км до 2,1 км. В одном направлении каждая линия измеряется в утреннюю и вечернюю видимость. Метеоприборы устанавливаются только на концах линий. При измерениях обеспечивается защита пунктов, отражателей и дальномеров от солнечных лучей. Применяется принудительный способ центрирования приборов.

Оказалось, что принятая методика обеспечивает высокую точность измерений светодальномерами СП-2 в сложных метеорологических условиях Камчатки. По разностям двойных измерений получены значения средних квадратических ошибок линий от $\pm 0,6$ мм до $\pm 1,3$ мм. Отмечен сезонный ход измерения длин линий в зависимости от сезонного хода температуры. Предложены методики учета сезонного хода линий, обусловленного влиянием неучтенной температуры вдоль измеряемой трассы. Горизонтальные деформации на двух активных разломах одного простирания согласуются и носят характер тренда.

И.Г.Киссин (Москва, СССР)

ПРИНЦИПЫ И ЗАДАЧИ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ЗЕМНОЙ КОРЫ

1. Метод гидрогеологического мониторинга основан на способности подземных вод реагировать на изменения напряженно-деформированного состояния земной коры. Основная цель гидрогеологического мониторинга земной коры - регистрация различных геофизических, преимущественно геодинамических процессов посредством специализированных наблюдений за режимом подземных вод. Гидрогеологический мониторинг может быть использован для решения ряда задач, в числе которых - контроль современных движений земной коры, естественных и техногенных, в широком диапазоне скоростей; изу-

чение гидрогеологических предвестников и следствий землетрясений; определение гидрогеологических помех при корректировке результатов наблюдений за различными геофизическими полями и др.

2. При проведении мониторинга должны учитываться следующие главные требования: комплексирование гидрогеологических, геодезических и геофизических наблюдений, достаточная длительность наблюдений и накопление больших временных рядов, современное аппаратное обеспечение, специальная обработка данных для выделения того или иного сигнала.

3. Выбор способов и объектов наблюдений при гидрогеологическом мониторинге определяется поставленными задачами. Для изучения современных движений земной коры или предвестников землетрясений выбираются скважины с учетом минимального влияния метеорологических и техногенных помех. При этом необходимы прецизионные измерения гидрогеологических показателей, непрерывные или с большой частотой опроса. В других случаях достаточны наблюдения за режимом подземных вод, выполняемые традиционными способами при условиях их специализированной обработки.

4. В качестве первоочередных объектов для организации гидрогеологического мониторинга земной коры могут быть предложены: сейсмопрогностические полигоны, зоны интенсивных современных движений земной коры, районы, где проектируются или действуют атомные электростанции или другие ответственные сооружения.

Л.М.Кнуренко, В.А.Кнуренко (Кемерово, СССР)

ИЗУЧЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ДВИЖЕНИЙ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ РАЗРАБАТЫВАЕМЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КУЗБАССА

Изучение современных движений для прогноза горногеологических условий разработки угольных пластов является актуальной задачей. Определение скоростей современных движений по геодезическим наблюдениям является наиболее надежным. Однако техногенные движения в интенсивно разрабатываемых районах Кузбасса делают невозможным применение прямого метода.

В данной работе предлагается метод косвенной оценки

скоростей современных движений, позволяющий дополнить результаты изучения скоростей геодезическим методом и оценить скорости движений на разрабатываемых месторождениях. Идея косвенной оценки современных движений состоит в установлении уравнения регрессии между скоростями движений и геологическими признаками, отражающими напряженно-деформированное состояние массива пород.

Для выявления признаков, взаимосвязанных со скоростями движений и получения уравнения регрессии, была составлена обучающая выборка, включающая скорости современных движений, полученные по геодезическим данным, и региональные геологические признаки, характеризующие основные месторождения Кузбасса.

Уравнение регрессии позволяет по материалам геологической разведки расширить сеть геодезических наблюдений и изучить современные движения земной поверхности разрабатываемых месторождений Кузбасса.

В.Г.Колмогоров, П.П.Колмогорова (Новосибирск, СССР)
СОВРЕМЕННЫЕ ДЕФОРМАЦИИ И СЕЙСМИЧНОСТЬ БАЙКАЛЬСКОЙ
РИФТОВОЙ ЗОНЫ

В настоящей статье обсуждаются некоторые результаты комплексного анализа геофизических и геодезических многолетних исследований, проводимых по двум основным направлениям.

1. Деформации земной поверхности Байкальской рифтовой зоны, определенные по данным повторного нивелирования, находят свое отражение в серии карт: скоростей современных вертикальных движений, их горизонтальных градиентов, скоростей изменения кривизны земной поверхности, активных на современном этапе разломов, составленных на единой основе в одном масштабе.

Сопоставление этих карт с сейсмической активностью (A_{10}) рифтовой зоны позволило выявить прямую корреляционную связь между скоростями вертикальных движений V_n и активностью A_{10} , которая может быть выражена уравнением регрессии:

$$\lg A_{10} = -1,31 + 0,035 V_n$$

Высокоградиентные зоны, как правило, совпадают с сейсмическими районами зоны.

2. Многократные нивелировки Селенгинской и Северо-Муйской линий Байкальской рифтовой зоны позволили выявить колебательный характер современных вертикальных движений, а аномальные изменения наклонов земной поверхности приурочены к впадинам и разделяющим их хребтам. Как на Селенгинской, так и на Северо-Муйской линии намечается согласованность направлений изменения наклонов земной поверхности с направлениями осей промежуточных напряжений в близлежащих очагах землетрясений ($K=I2$).

П.Е.Котляр, С.И.Кесельман (Новосибирск, СССР)

ДИНАМИКА ЗЕМНОЙ КОРЫ ТИХООКЕАНСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ США

Анализируется динамика земной коры района Калифорнии (США) на основе: 1 - каталога значений скоростей медленных движений МЦД Б2 - данных развитой сети из 42 станций, оснащенных ортогонально ориентированными кварцевыми деформографами и размещенных в зоне разломов Сан-Андреас, Калаверас, Хейвард за период 1968-1972 гг., 1230 измерений; 2 - данных геодезических наблюдений 1908-1976 гг.; 3 - данных астрометрических наблюдений за изменениями широты станции Юкайя $39^{\circ}8'$ с.ш. $123^{\circ}13'$ з.д. (США), расположенной вблизи северной оконечности разлома Сан-Андреас.

Рассматривается связь напряжений в отдельных блоках, подвижек по разломам и глобальных сдвигов с сейсмичностью (каталог землетрясений Калифорнии, файл № 54 МЦД Б2, 39578 сейсмических событий, 1900-1974 гг.).

Показано, что движение станции Юкайя имеет старто-стопный характер с возвратными компонентами. Подвижки, определенные астрометрическим методом, по амплитуде соответствуют подвижкам, выявленным геодезически. Деформации охватывают не только узкую традиционную зону динамического влияния разлома, а распространяются на удаленные до 100 км области, но со значительным временным запаздыванием. Получены необычно большие значения абсолютных скоростей горизонтальных движений, достигающие 0,9 метра в год.

В отдельных блоках земной коры наблюдаются четко выраженные сезонные компоненты напряжений.

П.Е.Котляр, В.И.Ким (Новосибирск, СССР)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДАННЫХ О ПАРАМЕТРАХ ВРАЩЕНИЯ ЗЕМЛИ ПРИ РАЗРАБОТКЕ НАУЧНЫХ ОСНОВ КРАТКОСРОЧНОГО ПРОГНОЗА ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

Анализ непрерывных рядов наблюдений за пространственным положением оси вращения и скоростью вращения Земли (оптическая астрономия с 1896 г. и радиоастрономия с 1980 г.) показывает, что наряду с хорошо изученными периодическими компонентами (процессия, нутация), вызванными астрономическими причинами и чандлеровскими колебаниями полюса (связанными с реологией внутренних геосфер), наблюдаются и быстрые нерегулярные возмущения траектории полюса.

Эти возмущения могут быть объяснены изменениями результирующего момента инерции Земли и, вероятно, быстрым, совершенно не изученным в настоящее время, изменением связи между ядром и мантией. Изменения пространственного положения оси вращения Земли вызывают целый комплекс тектонических процессов, протекающих одновременно во всей коре и верхней мантии, связанных со стремлением системы обрести новое состояние устойчивости.

В основу исследований положена совместная обработка машиночитаемых банков данных о сильных сейсмических событиях (каталог Дуды 1560 событий) и данных астрономических измерительных систем (международная служба движения полюса; международное бюро времени, международная радиоинтерферометрическая система). Методика анализа включает интегральные, энергетические и корреляционные оценки, дифференциальные оценки, анализ пространственных характеристик распределений, оценку степени достоверности связей между изучаемыми параметрами.

Предварительная обработка данных на ограниченном массиве показывает, что сильные землетрясения, как правило, следуют через 10-20 дней после возмущения траектории полюса.

Н.И.Кравченко, В.С.Купко, А.В.Прокопов (Харьков, СССР) СОВРЕМЕННЫЕ СРЕДСТВА ЛИНЕЙНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ДЛЯ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

В практике геодинимических исследований в настоящее время используются как классические средства измерений (КСИ), так и современные средства измерений (ССИ).

Кварцевые деформографы Бенъофа, позволяющие регистрировать тектонические движения со скоростями деформаций 10^{-4} - 10^{-6} в год, лунно-солнечные приливы с относительной скоростью $5 \cdot 10^{-8}$ в сутки и длиннопериодичные колебания - $2 \cdot 10^{-8}$ в минуту.

Резонансные сейсмографы (СГКД, СГКМ-3, СВКМ-3 и др.), регистрирующие вертикальные и горизонтальные составляющие колебаний поверхности Земли с чувствительностью, достигающей 0,01 мкм в полосе частот 0,1-3 Гц, фиксирующие моменты прихода сейсмических волн в точку наблюдения при определении расстояния до эпицентра и глубины очага землетрясения, определяющие направление колебаний земной поверхности при прохождении сейсмических волн, измеряющие величины амплитуд сейсмических волн и энергию землетрясения.

Наклономеры системы А.Е.Островского и гидростатические наклонеры с предельной чувствительностью к наклону 10^{-3} угловой дуги и периодами от единиц до десятков минут, определяющие ориентации вектора наклонов.

КСИ не позволяют анализировать аномальные деформации, предшествующие землетрясениям на расстояниях сотен километров из-за недостаточной чувствительности. КСИ не способны регистрировать низкочастотные предвестники землетрясений за время порядка десятков минут до события.

КСИ невозможно выполнить анализ модового состава собственных колебаний Земли, мультиплетных структур приливных компонент, степени напряженного состояния локальных участков земной коры по волнам сжатия и сдвига.

При исследовании современных движений земной коры в локальных, региональных и глобальных масштабах используются современные средства линейных измерений - лазерные интерферометры, лазерные светодальномеры, спутниковые лазерные дальномерные системы и др.

Проанализированы характеристики как серийных лазерных

интерферометров ИПЛ-ЗОК1, ИПЛ-ЗОК2, ИПЛ-МП (НЭП им. В.И.Ленина), так и уникальных стационарных интерферометров (ГОИ им. С.И.Вавилова, ИРЭ АН СССР); как рабочих лазерных светодальномеров ДК-001, СП-2, ЗСТ5, ЗСТ10 (Уральский оптико-механический завод), так и лазерных дальномерных систем высшей точности (НПО "Метрология"); как мобильных спутниковых лазерных дальномерных систем УЛИС-630, КРЫМ-М (БАН, ФИАН СССР), так и стационарных квантово-оптических систем ИНТЕРКОСМОС-М, ЛД-2, КРЫМ-С.

Проведено сравнение метрологических характеристик отечественных современных средств линейных измерений с зарубежными аналогами.

Рассматриваются возможности создания в НПО "Метрология" универсальных лазерных измерительных систем, в том числе, работающих в режимах координатного деформографа, дисперсионного дальномера при исследованиях геофизических и геодинамических процессов.

О.Л.Кузнецов, В.В.Муравьев (Москва, СССР)

ДИСКРЕТНО-ВОЛНОВАЯ МОДЕЛЬ ОРГАНИЗАЦИИ ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ СРЕДЫ

Изучается новый класс геобъектов - объекты концентрически-зонального типа (КЗГО). Предполагается, что их зональность формируется в поле возбуждения литосферы вследствие импульсно-волновой разрядки энергии геодинамических очагов. Каркас КЗГО образуют системы концентрических дислокаций (СКД).

Каркасные элементы СКД индифицируются (чаще всего фрагментарно) ленточной морфологии аномалиями геополей различного рода. В геофизической среде они составляют системы знакопеременных зон с концентрическим планом заложения. Обнаруживается структурная упорядоченность, пространственная организованность, СКД, выражающаяся в дискретном распределении в плане их каркасных элементов, как например, для КЗГО приводимых в таблице.

Наименование КЗГО	Радиусы каркасных зон, прослеживаемых положительными аномалиями геополей						
	1	2	3	4	5	6	7
Куйбышевская магн. аномалия	90	130- 180	220- 240	-	380- 460	-	950- 1050
Карско-Северо- земельская система							
а) магнитных	110	160	-	-	430	710	-
б) гравита- ционных ано- малий	120	-	220	350	490	-	1130
Море Восточ- ное (физичес- кий рельеф)	110	150	220	330- 350	430- 460	710- 740	1150

Установлено, что ряд СКД Кавказского и других регионов играют роль существенного структурного фактора, контролирующего размещение эпицентров крупных землетрясений. В целом современная геодинамическая активность ИЗГО проявляется в широком участии их каркасных зон в морфоструктурной организации поверхности планет. Вследствие этого оценка плотности проявления очаговой активизации геофизической среды может быть использована в качестве эффективного показателя современного напряженного состояния литосферы.

В.Г.Кузнецова, В.Е.Максимчук (Львов, СССР)

ОСОБЕННОСТИ ДИНАМИКИ АНОМАЛЬНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ И ИХ СВЯЗЬ С ГЛУБИННЫМ СТРОЕНИЕМ И СОВРЕМЕННЫМИ ДВИЖЕНИЯМИ ЗЕМНОЙ КОРЫ ТЕРСКО-КАСПИЙСКОГО ПРОГИБА

Дальнейшее развитие нефтепоисковых работ в пределах Терско-Каспийского прогиба связано с оценкой перспектив глубоких горизонтов осадочного чехла и в связи с этим требует привлечения дополнительной информации о геодинамике региона. В связи с этим в 1986-1988 гг. по двум региональным геодинамическим профилям - Терскому и Акташскому, пересекающим вкрест простирания основные геоструктурные элементы прогиба, проведены высокоточные исследования динамики аномального магнитного поля.

Основные результаты работ сводятся к следующему:

1. Исследованы длительные временные изменения геомагнитного поля. Выявлены аномальные зоны - от 2 до 10 нТл/год. По знаку и морфологии временных изменений выделено ряд блоков земной коры, которые хорошо согласуются с данными МОБЗ, повторного нивелирования и гравиметрии.

2. Наиболее активной зоной является Терская и Сунженская зоны антиклинальных складок, Черногорская моноклиналь.

3. Проявление глубинных разломов во временных изменениях геомагнитного поля неоднозначно. В ряде случаев глубинные разломы проявляются в виде узколокальных зон шириной 2-3 км, иногда - как граница блоков земной коры, идентичных по морфологии временных изменений поля.

4. На основе количественной интерпретации гравимагнитных полей и математического моделирования предполагается, что наиболее вероятным источником аномальных временных вариаций геомагнитного поля являются внутриземные токи электрокинетической природы.

В.О.Кузьмин (Ашхабад, СССР)

МЕХАНИЗМ ФОРМИРОВАНИЯ АВТОВОЛНОВЫХ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ДИСКРЕТНОЙ ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ СРЕДЕ

Известно, что одним из основных и фундаментальных свойств геофизической среды является ее дискретность и наличие в ней разломов и блоков различного ранга.

Исследования современной динамики геофизической среды геодезическими, геофизическими и сейсмологическими методами указывают на существование высокой кинематической активности зон разломов. Эти деформационные процессы имеют автоволновый характер, причем миграция деформационного фронта осуществляется от одной зоны разлома к другой со скоростью порядка 20 км/год.

Предлагается механизм формирования автоволновых деформационных структур, основанный на явлении самоорганизации, когда изолированные зоны разломов имеют возможность обмениваться как энергией (за счет взаимодействия аномальных локальных полей деформирования), так и веществом (за счет флюидодинамических процессов). Рассмотрены конкретные уравнения диффузного типа в условиях эффекта перезапуска

активности соседних разломных зон.

Рассмотрение дискретной геофизической среды как открытой системы, состоящей из набора кинематически возбудимых элементов, позволит удовлетворительно описывать основные пространственно-временные характеристики современных геодинамических процессов.

М.И.Лакотко, А.С.Медовиков (Москва, СССР)

МЕТОД УЧЕТА ВЛИЯНИЯ АТМОСФЕРЫ НА СВЕТОДАЛЬНОМЕРНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ДВИЖЕНИЙ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

При изучении короткопериодических движений земной поверхности одноволновыми светодальномерами необходимо в реальном времени учитывать влияние атмосферы. Наиболее изменчивым параметром воздуха является температура. Для определения интегральной температуры предлагается использовать зависимость времени распространения акустических сигналов вдоль измеряемой трассы. Сущность метода основана на измерении времени T_1 распространения акустического сигнала в прямом направлении и T_2 - в обратном. При этом интегральное значение температуры определяется формулой

$$\langle T \rangle = 1,7 (0,5 (S/T_1 + S/T_2) + 273,15,$$

где S - длина трассы в метрах. Измерения T_1 и T_2 в прямом и обратном направлениях позволяют исключить влияние продольной составляющей ветра.

Предложенный метод реализован в виде устройства, которое состоит из двух блоков, устанавливаемых на концах трассы. Управление работой устройства и обработку информации выполняет компьютер, в который одновременно поступает информация со светодальномера.

Экспериментальные исследования предложенного метода учета влияния атмосферы при изучении СДЗП светодальномером СП-2 позволило устранить суточный ход измеряемых расстояний и повысить точность единичного измерения практически до уровня инструментальной точности.

Е.Леви (София, НРБ)

ВЕРОЯТНЫЙ МОДЮЛЯЦИОННЫЙ ЭФФЕКТ В КОРОТКОПЕРИОДНОМ ШУМЕ В СВЯЗИ С ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯМИ В ДЕКАБРЕ 1986 ГОДА В БОЛГАРИИ

Исследован сейсмический шум микросейсмов Черного моря у прибрежной станции PCN в течение четырех месяцев 1986 года. Установлено соответствие между скоростью ветра в прибрежном пункте и интенсивностью микросейсм^сов. Измерения проводились в полночь, когда предполагается минимум антропогенного шума. Анализ интенсивности микросейсм^сов показал, что за несколько дней до основного толчка (7.12.86 г., M=5,7) микросейсм^сы нулевые. Аналогичный эффект наблюдается и перед днями с аномально нарастающей высвобожденной сейсмической энергией. Такой эффект наблюдался 5 раз в течение месяца афтершоковой активности. Предполагается связь наблюдаемого эффекта с тектоникой.

Д.А.Лилиенберг^X), М.Е.Маркес Таблон^{XX}), Х.Л.Диас Диас^{XX}), Х.Р.Эрнандес Сантана^{XX}) (^XМосква, СССР; ^{XX}Гавана, Куба)

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДАННЫХ ПОВТОРНОГО НИВЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ СЕЙСМОДЕФОРМАЦИОННЫХ НАПРЯЖЕНИЙ И ГЕОДИНАМИКИ МОРФОСТРУКТУР КУБЫ

Территория Кубы, как часть высококомобильного Карибского региона, отличается интенсивной современной геодинамикой и значительной сейсмичностью. Здесь закончено два цикла государственного повторного нивелирования I и II порядка с интервалами от 5-10 до 20-25 лет, составлена серия сейсмических и морфоструктурных карт, комплексных геодинамических профилей, проведена специальная Советско-Кубинская геоморфолого-геодинамическая экспедиция, что позволило наметить региональные типы и закономерности проявления современных вертикальных движений и их взаимосвязей с сейсмичностью и морфоструктурной дифференциацией земной коры. Создан комплексный геодинамический полигон Сантьяго-де-Куба, проектируются полигоны в районе Гаваны, Сан-Кристобаля и др.

Результаты двукратных нивелировок в общем виде отражают в распределении полей вертикальных движений кинематику напряженного состояния земной коры, а на конкретных про-

филях современных движений - ее морфоструктурную дифференциацию. Современная геодинамика Кубы проявляется через блоковые морфоструктуры-горсты, грабены, разломы. Резко контрастные поднятия на этом фоне могут интерпретироваться как отражение напряжений сжатия, а опускания - растяжений. В сейсмоактивных районах эти напряжения нередко оказываются сейсмодеоформационными, хотя не все они реализуются в форме землетрясений. К контрастным границам блоковых или ступенчатых поднятий, фиксируемых повторными нивелировками, бывают приурочены эпицентры землетрясений с $K=5-10$. Например: Сантьяго-де-Куба, Сибоней, плато Дель-Бониато, Конрамаэстре-Хигуани, Эль-Кристо, Эль-Агуакате, Сабана-Ла-Мар, горы Баракоа, месета Дель-Гуасо, Сагуа-де-Танамо, Ла-Эсмеральда, Кайбарием, Хакей Гранде, Матансас, Сан-Кристобаль, Сан-Хуан и Мартинес, Нуэва Херона и др. При проведении многократных нивелировок появляется возможность выделения пространственно-временных смен геодинамических обстановок, чередования поднятий и опусканий, сжатий и растяжений, что может рассматриваться как элементы системы прогноза землетрясений.

Геодезические измерения позволили выявить сейсмоактивные разломы, их геодинамические типы, оценить интенсивность смещений. Крупные глубинные разломы (типа Пинарского) разграничивают районы с различной направленностью или интенсивностью современных вертикальных движений. Их отдельные морфоструктурные участки активизируются в современных движениях попеременно или последовательно, разделяясь поперечными сейсмоактивными разломами (Ла-Колома, Сан-Хуан и Мартинес, Пинар-дель-Рио, Консоласьон-дель-Сур, Сан-Кристобаль, Гуанахай, Каймито, Гавана). Целенаправленные повторные нивелировки позволяют уточнить размерность территорий и длительность накопления сейсмодеоформационных напряжений. Характерно, что помимо сейсмоактивных разломов выделяются поднимающиеся морфоструктурные блоки, в которых эпицентры землетрясений располагаются не по краям, а в центральных частях.

Геодезические измерения на Кубе вносят определенный вклад в анализ сейсмичности, накопления сейсмодеоформаций и их геодинамических связей с современными вертикальными движениями и блоковой морфоструктурой.

Д.А.Лилиенберг, В.Р.Яценко (Москва, СССР)

ВКЛАД ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ В ОЦЕНКУ ГЕОДИНАМИКИ СЕЙСМО-
ДЕФОРМАЦИОННЫХ НАПРЯЖЕНИЙ РАЙОНА КАТАСТРОФИЧЕСКОГО
ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ 1988 ГОДА В АРМЕНИИ

Спитакское землетрясение 7.12.88 г. было самым разру-
шительным на Кавказе в XX в. Сильные землетрясения случа-
лись здесь и ранее. Однако в силу отсутствия или неполноты
данных повторного нивелирования Спитакское землетрясение
оказалось в благоприятных условиях: через его эпицентраль-
ную зону и в смежных районах проходят линии нивелирования
I и II классов, по которым проведены двух- и трехкратные
измерения. Кроме того, накануне и после землетрясения ГИГ
проведены на коротком участке специальные измерения.

Повторными нивелировками зафиксирован знакопеременный
характер современной геодинамики центрального сектора Ма-
лого Кавказа, соседних районов Гегамского и Джавахетского
вулканических нагорий, а также ее тесная взаимосвязь с мор-
фоструктурной дифференциацией и накоплением сейсмдеформа-
ций. Выделяется две эпохи различной направленности совре-
менных вертикальных движений длительностью порядка 20-30
лет.

Первая эпоха общей инверсии направленности вертикаль-
ных движений горной системы, преобладания общих опусканий
и обратных морфоструктурных соотношений фиксируется нивели-
ровками 1911-1940 гг. по линии Тбилиси - Кировакан - Лени-
накан и 1929-1953 гг. по линии Акстафа - Севан - Мхчян, а
также 1937-1953 гг. по линии Севан-Мартуни. На этом фоне
блок-моноклиналь северного склона Малого Кавказа испытыва-
ла обратный уклон к югу порядка 90-180 мм на 100 км при
нарастании скоростей опускания к осевой зоне горской систе-
мы до -4 ± -5 мм/год и градиенте движений 0,5-0,8 мм/год/км.
Максимальные опускания $-5 \pm -7,5$ мм/год приурочены к впа-
динам-грабенам М.Севана и Памбака, а Гегамское нагорье ис-
пытало слабые опускания до ~ 1 мм/год (т.е. относительные
поднятия). Разделяющие морфоструктурные блоки разломы вы-
деляются повышенными градиентами или ступенчатыми перепада-
ми скоростей. Такой характер кинематики свидетельствует о
наличии системы напряжений поперечного растяжения горной
системы, что сопровождалось некоторым ослаблением сейсмич-

ности.

Вторая эпоха характеризуется полной сменой знака движений, преобладанием общих поднятий, нарастающих к осевой зоне Малого Кавказа, что свидетельствует о смене растяжений поперечными сжатиями горной системы, а также прямыми морфо-структурными соотношениями. Она фиксируется нивелировками 1940-1972 гг. по линии Тбилиси - Кировакан - Ленинакан, 1953-1974 гг. по линиям Акстафа - Севан - Мхчян и Цовагюх-Мартуни - Ехегнадзор, 1956-1972 гг. по линии Ахалкалаки - Ленинакан - Мхчян. Блок-моноклираль северного склона сменила свой наклон на унаследованный северный до 120 мм на 100 км при нарастании поднятий к югу до 6-7 мм/год и градиенте движений 0,5-1,5 мм/год/км. Для Памбакского грабена отмечаются мелкоблоковые поднятия, ступенчато нарастающие к западу до 10 мм/год, параллельно поперечному Арагац-Спитакскому глубинному разлому. На этом фоне впадины-грабены М.Севана, Ширакская и Ереванская отстают в поднятиях (3-6 мм/год), т.е. испытывают относительные опускания. Максимальные поднятия приурочены к югу Джавахетского (12-13 мм/год) и Гегамскому (10 мм/год) нагорьям, что создает скользящее деформационное напряжение в зоне Арагац-Спитакского и Севанского разломов.

В октябре-ноябре 1988 г. (накануне землетрясения) произведены нивелировки на участке Туманян - Спитак - Ленинакан. Они показали, что темп поднятий сохраняет свою интенсивность, что позволяет рассматривать вторую эпоху как предсейсмическую. Зона Арагац-Спитакского разлома выделяется участком относительных опусканий шириной до 20 км. Эпицентральная зона землетрясения 7.12.88 г. пришлась на область максимального размаха разнонаправленных вертикальных движений двух эпох. Нивелировки в конце декабря 1988 г. (после землетрясения) фиксируют остаточные деформации до 1,2 м в зоне поперечного разлома, до 30-40 см в сторону Туманяна и затухающие к г.Ленинакану, пространственно ограничивая эпицентральную зону. Нивелировки в конце января 1989 г. зафиксировали сохранение остаточных послесейсмических деформаций до 90 см, что свидетельствует о постепенном высвобождении энергии и сопровождалось афтершоками до У-УІ баллов.

Таким образом, геодезические измерения позволили выя-

вить геодинамику системы сжатие-растяжение, сопровождающуюся сменой эпох общих поднятий и общих опусканий, что подтверждается материалами и других частей Кавказа. Область сейсмодетформационных напряжений составила в поперечнике до 150 км, а время накопления деформаций по-видимому близко 30-35 годам, что характерно для катастрофических землетрясений. Нивелировки позволили уточнить границу эпицентральной зоны, характер остаточных деформаций и ход высвобождения энергии в послесейсмическую фазу.

Е.А.Литвиненко (Китаб, СССР)

АНОМАЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ШИРОТЫ И ИХ СВЯЗЬ С ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯМИ

Согласно теории дрейфа континентов Земля разделена на литосферные плиты, границы которых являются сейсмически активными зонами. Все международные широтные станции кроме Гейтесберга находятся в таких зонах. Но в отличие от остальных, расположенных на островах или в прибрежной зоне, Китаб находится в центре Евразийского материка. В 450 км к юго-востоку от Китаба находится точка пересечения границ литосферных плит. Это область постоянных сильных землетрясений.

Для выявления аномальных изменений широты вычисляются значения $\Delta \varphi_i = \varphi_i - \varphi_0 - (\alpha_i \cos \lambda + \gamma_i \sin \lambda) - z_i$, где: φ_i - мгновенное значение широты,

φ_0 - средняя широта, вычисленная по формуле Орлова,

x_i, y_i - координаты полюса,

λ - долгота обсерватории,

z_i - местные неполярные вариации широты.

В среднем значения $\Delta \varphi$ не превосходят 0".05, но встречаются пики, превышающие 0".1. Моменты этих пиков сопоставлены с моментами сильных землетрясений (магнитуда $M \geq 6$, радиус ≤ 1000 км). Таких землетрясений за период 1979.3-89.0 было 25, большинство из них происходит в Гиндукуше, в указанной выше точке ($36^\circ < \varphi < 37^\circ \text{N}$, $70^\circ < \lambda < 71^\circ \text{E}$). За 1-3 месяца до момента сильного землетрясения резко усиливается тенденция в изменении широты.

В Китабе оперативно и с достаточной точностью вычисляются значения $\Delta \varphi$. Благодаря обнаруженной закономерности

предсказаны сильные землетрясения 3 октября 1987 г. (Гиндукуш, $M=6,7$) и 6 августа 1988 г. (Гиндукуш, $M=6,9$).

С.Лосито^х), Д.Ликка^{хх}), Ж.Вероне^{хх}) (^хМатера, ^{хх}Бари, Италия)

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ДВУХСЛОЙНОЙ МОДЕЛИ ТВЕРДОЙ ЗЕМЛИ

Недавно предложена двухслойная модель твердой Земли
I . Модель хорошо согласуется с наблюдаемыми данными о движении полюса и продолжительности суток. Для оценки динамической стабильности должны быть решены еще некоторые математические проблемы. Дается качественный анализ системы с учетом тяготения.

В.Д.Лотоцкий, П.А.Остропико (Алма-Ата, СССР)

ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СДЗП В ЭПИЦЕНТРАЛЬНОЙ ЗОНЕ МОГОТСКОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ, МНР

Изучение современных движений земной поверхности на территории Монгольской Народной Республики выполняется впервые.

Исследования направлены на выявление горизонтальных и вертикальных движений во времени и установлении их геодинимических характеристик. В связи с этим в эпицентральной зоне одного из крупных землетрясений ($M=6,8$) была заложена система деформационных площадок, пересекающих основные видимые тектонические разломы района. Деформационные площадки включают плановые и высотные наблюдения. Плановые измерения выполняются методом светодальнометрии и створа, высотные - геометрическим нивелированием. Периодичность опроса всей сети деформационных площадок - 2-3 раза в год, выборочных - 4-6 раз в год.

А.С.Мазницкий, В.О.Иосипчук (Киев, СССР)

ЗАКАЧКА ВОДЫ В ПРОДУКТИВНЫЙ ГОРИЗОНТ, КАК СТИМУЛЯТОР СЕЙСМОПРОЯВЛЕНИЙ

При разработке нефтяных залежей используются методы интенсификации добычи нефти, такие как закачка воды и газа, гидроразрыв пласта и др. Методы воздействия на пласт и особенно заводнение сопровождаются микросейсмами и даже локальными землетрясениями. Землетрясения техногенной природы силой 5-6 баллов были зарегистрированы на нефтяном месторождении Долина, расположенном во Внутренней зоне Предкарпатского прогиба. Эпицентр землетрясения находился на глубине около 2 км, что соответствует средней глубине залегания нефтенасыщенной толщи (Сейсмологический бюллетень западной территориальной зоны единой системы сейсмических наблюдений СССР. Крым-Карпаты за 1975-1976 гг., 1983 г. Киев, Наукова думка, 1986 г.).

С 1980 года проводятся систематические высокоточные геодезические наблюдения на геодинамическом полигоне Анастасьевского нефтяного месторождения, расположенного в Днепровско-Донецкой впадине. На 1.07.89 года выполнено 5 циклов наблюдений. До 1982 года месторождение разрабатывалось на режиме естественного истощения. С 1982 года здесь начата закачка воды. В 1984 году отбор нефти компенсировался закачкой. Для анализа влияния техногенного фактора на устойчивость земной поверхности над залежью произведен многофакторный корреляционный анализ вертикальных движений земной коры, добычи жидкости, изменений пластового давления и сжимаемости коллектора. Установлены значимые корреляционные связи между вертикальными движениями земной поверхности и объемами добычи и закачки. Найдена эмпирическая функциональная зависимость между количественными характеристиками вертикальных движений земной коры и объемами закачки воды в продуктивный пласт. Установлено, что земная поверхность над залежью под влиянием нефтедобычи дробится на более мелкие участки. Так, если по данным эпохи нивелирования 1984-1982 гг. можно было выделить 6 участков, то в эпоху 1986-1982 гг. их уже 14. Дифференциация участков земной поверхности - суть следствие техногенеза, что может сопровождаться сейсмопроявлениями разной силы.

А.И.Малышев (Свердловск, СССР)

ДИНАМИКА СПОНТАННЫХ ПРОЦЕССОВ

Рассматривается движение материальных систем при отсутствии внешних воздействий на произвольный параметр x , характеризующий изменение состояния системы с течением времени t . В этом случае обобщенный потенциал, определяющий устойчивость системы по данному параметру, имеет вид:

$$\frac{d^2x}{dt^2} = \pm k \left| \left(\frac{dx}{dt} \right)^2 - \left(\frac{dx}{dt} \right)_0^2 \right|^\gamma$$

где коэффициент пропорциональности k , показатель степени γ и скорость в равновесном состоянии $\left(\frac{dx}{dt} \right)_0$ имеют постоянные значения.

Для обоснования обобщенного потенциала указанного вида приводятся следующие эмпирические зависимости:

при $\left(\frac{dx}{dt} \right)_0 = 0$ - уравнение Барри Войта (процесс разрушения, вулканология, сейсмология);

при $\gamma = 0,5$ - ряд уравнений, описывающих динамику различных физических процессов, а также процесс подготовки некоторых извержений вулканов;

при $0,5 < \gamma < 1$ - закономерности форошковых последовательностей землетрясений у оз. Кремаста в Греции в 1966 г. ($M=6,2$), у оз.Кариба в 1963 г. в Замбии-Родезии ($M=6,1$), на плотине Койна в Индии 13 сентября ($M=5,0$) и 10 декабря ($M=6,4$) 1967 г., начальных этапов афтершоковых последовательностей Крымского 1927 г. ($M=6,8$) и Камчатского 1958 г. ($M=8,5$) землетрясений, ряд уравнений, описывающих динамику некоторых астрофизических и вулканических систем;

при $\gamma = 1$ - формула Омори для афтершоковых последовательностей, зависимость Н.Ф.Мотта (процессы разрушения), закономерности форош-афтершоковых последовательностей Крымского 1927 г. ($M=6,8$), Камчатского 1958 г. ($M=8,5$), Хаитского 1949 г. ($M=7,4$), Курильского 1973 г. ($M=8,0$) землетрясений, а также процесса подготовки некоторых извержений;

при $\gamma = 2$ - известные уравнения устойчивости материальных тел в гравитационном, электрическом и магнитном полях.

Использование обобщенного потенциала указанного вида позволяет выявлять существующие закономерности форош-

афтершоковых последовательностей разрушительных землетрясений. Задача сводится к определению соответствующих наблюдаемому процессу значений $(\frac{dx}{dt})$, k и γ . Частный случай выражения для обобщенного потенциала - уравнение выхода систем из состояния неустойчивого равновесия - может быть использован в качестве критерия выявления опасности катастрофических событий, в том числе разрушительных землетрясений. Приводится конкретный пример выявления возможности катастрофического события.

Для применения обобщенного потенциала с целью прогноза разрушительных землетрясений наиболее перспективны аномальные форшок-афтершоковые последовательности.

С.М.Махмуд (Каир, Египет)

ИЗУЧЕНИЕ ДЕФОРМАЦИЙ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ В ЮГО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ЕГИПТА ПО НАБЛЮДЕНИЯМ НА ЛОКАЛЬНЫХ СЕЙСМИЧЕСКИХ И ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ СЕТЯХ

14 ноября 1981 года в районе Калабаша вдоль Калабашского разлома возле пункта Гебел Марауа в 70 км в юго-западу от города Асуан произошло землетрясение средней силы с магнитудой 5,6. Землетрясение представляется нам очень важным событием в связи с тем, что оно произошло не слишком далеко от Асуанской плотины. Из-за возможной связи этого события с режимом затопления озера Нассер было разработано несколько программ, таких как мониторинг сейсмичности, изучение поведения подземных вод и деформаций земной коры при помощи геодезических методов.

Для мониторинга как вертикальных, так и горизонтальных движений земной коры вдоль Калабашского разлома, а также с целью изучения их возможной связи с сейсмической активностью и нагрузкой воды в озере была создана локальная сеть из 16 геодезических пунктов и 2 нивелирных профилей на участке Калабашского разлома в начале 1983 года. В указанном районе были проведены многократные геодезические измерения горизонтальной и вертикальной составляющих движений. Первоначальные измерения были проведены в декабре 1984 года. Измерения повторялись в феврале 1986 г., январе и сентябре 1987 года, январе 1988 года. Несмотря на относитель-

льную краткосрочность периодов полевых наблюдений, анализ полученных данных позволил получить подтверждение как горизонтальных, так и вертикальных движений.

Предварительный анализ полученных данных позволяет судить о том, что максимальные горизонтальные движения в случае растяжения наблюдались между пунктами сети со скоростью смещений от 2,02 мм до 9,75 мм в год. Минимальные горизонтальные движения также в случае растяжения наблюдались между другими пунктами сети при скорости смещения от 0,12 мм до 0,65 мм в год.

С другой стороны, максимальные горизонтальные движения в случае сжатия наблюдались между другими пунктами сети со скоростью от -1,37 мм до -2,92 мм в год. Минимальные горизонтальные движения в случае сжатия наблюдались со скоростями от -0,52 мм до -0,65 мм в год.

Анализировались также оценки параметров деформации. Из указанного выше было сделано предположение, что большая часть региона вращается против часовой стрелки. Результаты по вертикальным движениям указывают на погружение. Максимальное погружение было отмечено со скоростью -1,4 мм в год. Минимальное погружение отмечалось со скоростью -0,16 мм в год. Эти результаты представляются важными и совпадают по величине с данными, полученными для других сейсмоактивных районов.

Н.А.Мернер (Стокгольм, Швеция)

ПОДНЯТИЕ ФЕННОСКАНДИИ

Последний ледниковый цикл нагрузки и разгрузки привел к увеличению деформаций земной коры, которые представляются как эллиптическое поднятие, центр которого располагается на Фенноскандинавском (Балтийском) щите с максимальным поднятием в 830 метров в центре области при опускании окружающих впадин. массперенос имел место в астеносфере низкой вязкости (порядка 10^{20} Пуаз), жесткость на изгиб была высокой (порядка 10^{25}) Современное поднятие представляет функцию линейного поднятия, вызванного фоновым смещением границы и (или) перераспределением в низкоскоростных слоях в пределах нижней литосферы. Длиннопериодные движения земной коры

представляют собой деформации сходной геометрии и формы, что указывает на сильное влияние формы литосферы. Исследования по профилям Е Т дают новые и независимые данные наблюдений, которые, как кажется, согласуются с данными, полученными по движениям земной коры. Прогибание литосферы объясняет сходство геометрии и формы деформаций земной коры. Оно также объясняет установленную высокую жесткость изгиба. Установление низковязкой астеносферы подтверждает выводы, полученные в районе поднятия.

Отсутствие деформации нижней границы астеносферы указывает на то, что нагружение/разгрузка была полностью компенсирована в пределах самой астеносферы за счет горизонтального течения, подтверждая тем самым модель гляциостатической деформации Мернера (1979 а, 1980).

Н.А.Мернер (Стокгольм, Швеция)

АСТЕНОСФЕРА

Данные о поднятии Фенноскандии (Мернер, 1979, 1980) свидетельствуют о наличии под литосферой астеносферной линзы низкой вязкости. Это означает, что ледниковая нагрузка и последующая разгрузка полностью компенсированы в пределах гляциальной области и примыкающих районов. Это противоречит (Мернер, 1981, 1987, 1989а) концепции Пелтиера (1982) о линейном изменении вязкости в мантии и глобальном распределении нагрузки. Предполагается, что внешняя земля испытывает более высокую динамику (Мернер, 1989б), чем предполагает модель Пелтиера.

Геоманнитное поле Земли детально представленное сферическими гармониками (по данным) (Лангел, Эстес, 1982), по-видимому, включает длинноволновую часть, источником которой является литосфера (Мернер, 1986).

Когда астеносфера с пониженной вязкостью действует как магнитная жидкость (флюид или процесс сжатия), длинноволновая часть может легко возникать в качестве физического фона для быстрых гравитационных и геодинамических изменений (Мернер, 1976).

Н.А.Мернер (Стокгольм, Швеция)

СЕЙСМИЧНОСТЬ И ВРАЩЕНИЕ ЗЕМЛИ

Как выяснилось, в последнее время дифференциация во вращении Земли имеет сильное контролирующее влияние на вариации сейсмической активности, вулканизма и современных движений земной коры (Мернер, 1986а, 1986б, 1988).

Сейсмическая активность в столь различных и далеко расположенных друг от друга районах, таких как, например, Япония, Фенноскандия и Венесуэла выявляет значительные изменения непосредственно во время основных событий (ЛОД) (ускорение, замедление). Это понимается в смысле дифференцированного влияния замедления и ускорения скорости вращения Земли на скорость субдукции, движения плит и астеносферных течений в направлении восток-запад.

Моги (1979) показал, что в глобальном масштабе неглубокие (менее чем 100 км) землетрясения в период с 1920 по 1980 гг. образуют распределение широта/время с вариациями в направлении север-юг во времени. Графики время/широта Моги также как итальянских исследователей выявляют в движении плит вариации широты в направлении север-юг и короткопериодные растяжения/сжатия. Это означает, что короткопериодные ускорения и замедления скорости вращения Земли (данные ЛОД) по-видимому имеют прямое влияние на сейсмичность (и вулканизм, и неотектонику) в направлении восток-запад, т.е. в направлении вращения Земли и эффекты замедления в направлении север-юг.

Стефенсон и Моррисон (1984) проанализировали все имеющиеся данные по вращению Земли с 700 г. до нашей эпохи. В 950 году нашей эры было сильное изменение: ускорение в 1,0 миллисекунду в столетие. Это изменение может рассматриваться единой связи с эвстатическими, климатическими или океанографическими и биологическими изменениями. Оно может быть также представлено в контексте долгопериодных палеосейсмических наблюдений. Вонг (1987) представил сейсмические данные по Китаю за 4250 лет. В обобщенном графике отмечается четкое изменение зависимости время/магнитуда приблизительно в 1000 году нашей эры (Мернер, 1988). По-видимому, существует причинная связь между этими данными и данными о вращении Земли (Стефенсом и Моррисон, 1987),

указывающая на то, что около 1000 лет нашей эры, в соответствии с ускорением вращения Земли в литосфере (особенно между плитами) накапливались напряжения и происходили дифференцированные движения. Все это говорит об очень высокой чувствительности движений плит и процессов субдукции, а отсюда и сейсмических, вулканических и неотектонических событий к вариациям скорости вращения Земли (Мернер, 1986а, 1986б, 1988).

Это означает, что внутренние процессы и литосферные изменения играют фундаментальную роль в системе различных глобальных изменений.

Это также может способствовать лучшему пониманию, а может быть даже и прогнозу крупных изменений в региональной и глобальной сейсмической, вулканической и неотектонической активности.

Г.Милев (София, НРБ)

ВОЗМОЖНОСТИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ НАПРЯЖЕНИЙ, ДЕФОРМАЦИЙ И ПЕРЕМЕЩЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ЭЛАСТИЧНОЙ ИЗОТРОПНОЙ СРЕДЫ

На основе выведенных уже связей между факторами (силой, нагрузкой и др.) перемещений, деформаций и напряжений в изотропной среде между несколькими периодами наблюдения, создаются возможности для прогнозирования некоторых из этих параметров за короткий период времени. Для данной цели исходим из нескольких основных предпосылок, имеющих значение в теории эластичной изотропной среды. Предполагается также, что параметры тренда не одинаковы в течение всего периода наблюдения. Это предположение проверяется на основе математико-статистических гипотез. Рассмотрена возможность применения этой теории в случаях исследований в сейсмических районах.

Г.Милев, П.Гечев, Врыблянский (София, НРБ)

ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ И ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ДВИЖЕНИЙ ПО РАЗЛОМАМ СТРУМСКОЙ ЗОНЫ И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДЛЯ ПРОГНОЗА СЕЙСМИЧЕСКОГО РЕЖИМА

Главными разломами Струмской зоны являются Струмский

(160°) и Крупникский (45°). Они имеют старое (рифейское) заложение и долговременное развитие. Самая интенсивная активизация этих разломов наблюдается в неотектоническом этапе (верхний миоцен-плиоцен). В зоне их пересечения в 1904г. произошло одно из самых сильных землетрясений Юговосточной Европы ($M=7,8$). Этот линейamentный узел обладает самым большим сейсмическим потенциалом и является наиболее опасным в Болгарии.

Для геодезических измерений и исследований в зоне узла построен специальный геодинамический полигон, на котором предусмотрены многократные измерения. Используются также измерения и на соответствующем участке государственной сети нивелирования первого класса. Установлены дифференцированные движения тектонических блоков, ограниченных соответствующими разломами.

Используя выведенные одним из авторов доклада (на основе идей Брюна, 1968 г. и Садовского, 1985 г.) зависимости, определены величины параметров закона повторяемости землетрясений для двух главных разломов зоны. Полученные результаты хорошо согласуются с данными о зарегистрированных землетрясениях.

Г.Милев, П.Иовев (София, НРБ)

МЕТОДЫ И ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ В ЗОНАХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

При исследовании перемещений и деформаций в зонах землетрясений чаще всего строятся специальные сети. Использование существующих геодезических сетей для этих же целей связано с рядом особенностей, которые анализируются. Предложены подходящие математико-статистические методы для выражения выявленных перемещений. Особое внимание уделено сравнительному анализу измеренных в отдельные периоды наблюдений элементов (направление, углы, расстояние) отдельных станций, треугольников, а также сетей в целом. Программная реализация выполнена на восьми бытовых компьютерах. Методы и программы применены при исследовании горизонтальных перемещений, связанных с землетрясением в Северной Болгарии.

Вл.А.Миркин, А.П.Райзман (Ташкент, СССР)

СОСТОЯНИЕ, ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ СОВРЕМЕННОЙ ГЕОДИНАМИКИ В УЗБЕКИСТАНЕ

В результате многолетних исследований представилось возможным составить серию карт современных вертикальных движений земной поверхности на территории Средней Азии, городов Ташкента, Андижана, Зарафшана, эпицентральных зон Газлийских землетрясений 1976 и 1984 гг., выявить на геодинамических полигонах места с аномальным проявлением геодинамики.

Особое внимание в процессе исследований уделяется территории г.Ташкента, восточной Фергане, районам Газли и Чарвакской ГЭС.

В западной части территории г.Ташкента, по данным повторного нивелирования 1986-1988 гг., выявлены смена знака и контрастный характер вертикальных движений.

Вдоль трассы повторного нивелирования, пересекающей с севера на юг восточную часть Ферганской впадины, выделены три участка с контрастным и дифференцированным характером перемещений земной поверхности.

По результатам повторного нивелирования 1988 г. в районе Газли вертикальные деформации земной поверхности в 6 раз превышают возможные ошибки их определения и достигают 64 ± 10 мм.

Необходимо разработать комплексную программу геодинамических исследований, проводимых в Советском Союзе, и на этой основе тщательно скоординировать действия всех заинтересованных организаций, направив их на целесообразное, рациональное и экономное расходование финансовых, трудовых и материальных ресурсов.

Р.А.Мовсисян (Ереван, СССР)

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО НИВЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ ТОЧЕК ЗЕМНОЙ КОРЫ НА ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ПОЛИГОНАХ.

Рассмотрены новые методы гидронивелирования, разработанные в Ереванском политехническом институте им. К.Маркса

и выпускаемые опытным заводом ЕрПИ.

В отличие от гидростатического нивелирования, основанного на использовании свойства капельной жидкости образовывать в статическом состоянии уровенную поверхность, гидродинамическое нивелирование производится с помощью движущейся непрерывно в течение всего процесса изменений капельной жидкости.

Описаны методы, позволяющие исключать влияние вязкости жидкости на точность измерения превышений при гидродинамическом нивелировании, которая близка к точности гидростатического нивелирования.

Существенное преимущество гидродинамического нивелирования перед гидростатическим проявляется при создании систем с дистанционным измерением превышений. Датчики уровня гидродинамических систем (СГДН) представляют собой простые сосуды с одним электродом без каких-либо измерительных элементов. Большое число таких датчиков (несколько десятков) опрашивается дистанционно одним измерительным блоком. При этом диапазон измерений может достигать 0,5 м и более. Простота конструкции не только удешевляет стоимость датчиков, но и делает их надежными в работе.

Система СГДН успешно использовалась при определении деформаций точек в кратере потухшего вулкана.

Предлагается использовать новые усовершенствованные системы (УСГДН) на типовом гидродинамическом полигоне.

В.В.Муравьев, Г.В.Краснопевцева (Москва, СССР)

СЕЙСМОАКТИВНЫЕ КОНЦЕНТРИЧЕСКИЕ СТРУКТУРЫ КАВКАЗСКОГО РЕГИОНА

Внутренняя структура Кавказской орогенной области формируется под влиянием тектонического каркаса Ванской концентрической структуры (КС) трансрегионального ранга. Сейсмоактивный ареал Кавказа ограничен сектором этой КС, вычленяемый зоной концентра радиусом порядка 650 км, совпадающей с фронтальной зоной большого Кавказа (от Карочаевска до Баку) и двумя радиальными компонентами каркаса (Эрзерумским и Тебризским), разведенным под углом около 120° .

В пределах ареала динамическое поле структурируется с участием дочерних по отношению к Ванской Ментгечеурской, Джевахетской, Махачкалинской и Шемахинской КС. При этом ведущим элементом динамической структуры геофизической среды является кольцевой пояс высоко сейсмоактивных площадей, контролируемый внешним концентром Ментгечеурской КС радиусом около 200 км при ширине пояса 40-50 км. К нему в узлах интерференции региональных сейсмоактивных зон, приурочены ядерные части других, из указанных выше, более мелких КС, характеризующихся высокой плотностью эпицентров землетрясений различного класса.

Подвывая ее число сейсмоактивных КС располагается близ контактов блоков различного глубинного строения. Для них характерно сложное строение промежуточного слоя коры с широким развитием в нем высокоскоростных внедрений. Для наиболее активных КС Кавказа отмечается увеличение мощности верхней (консолидированной) части коры и развитие в ее низах высокоскоростных образований ($V_p \geq 7,3$ км/сек.). Центры большинства сейсмоактивных КС располагаются на низкоскоростной мантии и не "проработаны" эрозионными процессами в физическом рельефе земной поверхности.

В.А.Мухамедов (Ашхабад, СССР)

АВТОМОДЕЛЬНОСТЬ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ИЕРАРХИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ЗЕМНОЙ КОРИ

Анализируются эмпирические закономерности, выявленные при экспериментальном изучении динамических процессов в земной коре: частотная зависимость механической добротности, ползучесть геоматериалов, закон затухания афтершоков Омори и соотношение Гутенберга-Рихтера. Эти соотношения, будучи записанные как функции релаксации, характеризующие отклик среды на некоторое внешнее возмущение, имеют автомодельную форму алгебраического затухания $\psi(t) \sim t^{-\alpha}$, где α - постоянная. Автомодельная форма функций релаксации сохраняется для гигантских масштабов пространства и времени.

Предлагается динамическая модель перестройки структуры земной коры, в которой предполагается, что земная кора имеет иерархическую организацию структуры. Показано, что

функции релаксации для такой модели имеют вид алгебраического затухания, причем индекс α является характеристикой структуры. Обсуждается возможность использования временных вариаций индекса α для задач прогноза.

В.А.Мухамедов, Б.С.Карриев, Е.Г.Канель (Ашхабад, СССР)

АТТРАКТОР В КАТАЛОГЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

Исследуется последовательность интервалов времени между землетрясениями по Каталогу землетрясений Центрального Копет-Дага ($\varphi = 36^{\circ} + 39^{\circ}$, $\lambda = 57^{\circ} + 59^{\circ}$).

Временные ряды интервалов между сейсмическими событиями (1956-1986 гг., $N = 1550$, $K \geq 10$) анализировались методом корреляционного интеграла Грассбергера-Прокаччиа, что позволило выявить низкоразмерный странный аттрактор с корреляционной размерностью 3,3 для масштабов интервалов времени 10^7 - 10^{10} ч. Оценка энтропии Колмогорова указывает на наличие детерминированного хаоса во временных рядах землетрясений для данного района. Обсуждаются следствия такой особенности сейсмических временных рядов в рамках задач физического моделирования и прогноза землетрясений, оценивается "время предсказуемости" сейсмического временного ряда.

Г.Л.Мыльникова (Иркутск, СССР)

ВОЗМОЖНОСТИ ПРОГНОЗА МЕСТА И СИЛЫ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ МЕТОДОМ ХРОНОГЕОМЕТРИЧЕСКОГО АНАЛИЗА СЕЙСМИЧНОСТИ

Малая доля удачных предсказаний обязывает сейсмологов искать более достоверные признаки подготовки землетрясений, сводя к минимуму потери информативности экспериментальных фактических данных. Наиболее перспективен поиск закономерностей возникновения землетрясений путем хроногеометрической модификации каталогов землетрясений, разработанной А.М.Кондратенко. Гипо- (или эпи-) -центральное поле рассматривается как совокупность развернутых во времени и пространстве сигналов сейсмического процесса и объединено условной траекторией квазимиграции землетрясений. Каждое звено траектории имея направленность от предыдущего очага

к последующему, представляет собой сейсмовектор.

Обнаружено, что информативными для прогноза сильных землетрясений являются закономерные признаки: редко возникающие землетрясения, составляющие сейсмовектор с малой скоростью формирования; ортогональный излом траектории квазимирации землетрясений; когда соседние сейсмодатчики траектории ориентированы в пространстве под углом $90^\circ \pm \delta$; замкнутые цепочки последовательных во времени землетрясений, состоящие из нескольких сейсмовекторов, проекция которых на горизонтальную плоскость представляет треугольники разного типа. Комплекс двух или трех таких признаков дает хроногеометрический эпицентр, расположенный на расстоянии 20 ± 120 км от инструментально определенного эпицентра. Траектория квазимирации землетрясений с энергетического класса K_0 содержит информацию о подготовке землетрясений $K_{\max} = K_0 + 3,5 \pm 0,5$.

По результатам ретроспективного хроногеометрического анализа сейсмичности разработан алгоритм определения величины и места сильных землетрясений.

В.К.Нагар^{XX}), Б.С.Райял^{XX}), К.С.Намдхари^{XX}) (^XДехрадун, ^{XX}Чандигар, Индия)

ГЕОФИЗИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ДИЛАТАЦИИ В РАЙОНЕ КАНГРА И ОКРУЖАЮЩИХ ОБЛАСТЯХ

Для изучения вариаций силы тяжести в районе Кангра и окружающих областях, входящих в активный сейсмический пояс, в октябре-ноябре 1987 года, создана высокоточная гравиметрическая сеть, состоящая из 31 пункта и в период ноября-декабрь 1988 года выполнены повторные измерения.

Наблюдения на пунктах сети выполнены с помощью трех высокоточных гравиметров Ла Коста-Ромберг № G -658, G -749 и Д-124. Были составлены и детально обсуждены карты вариаций силы тяжести, карты аномалий Буге и изостатических аномалий для изучаемого региона.

Поднятие земной поверхности из-за расширения горных пород вызвано дилатацией. Существующие высокоточные гравиметрические приборы, которые способны определить изменения силы тяжести во времени обеспечили, таким образом, выявление

ние стадии дилатации в исследуемых регионах.

Гравиметрические наблюдения на пунктах сети проводились одновременно тремя гравиметрами в течение цикла продолжительностью в несколько часов одной замкнутой петлей (А-В-С-Д-С-В-А). Гравиметрические данные были исправлены за приливы по формуле Лагранжа (1959). Система наблюдений силы тяжести замкнутой петлей хорошо контролировала инструментальный дрейф. Эрейф нуля приборов, полученный таким образом, был линейным и оценивался величиной порядка 4 мкГал/час. Данные двух повторных измерений были затем уравнены с помощью метода вариаций координат. Средняя квадратическая ошибка значения силы тяжести на пунктах сети для обоих периодов наблюдений меньше 10 мкГал.

Измерениями силы тяжести на пунктах сети в ноябре и декабре 1988 года были зарегистрированы значительные отрицательные изменения с различными величинами в пределах от 30 до 120 мкГал, которые указывают различную степень поднятий земной поверхности в различных частях района. Исходным пунктом в гравиметрических наблюдениях был репер IGSN в Нью-Дели.

В.К.Нагар, А.Н.Сингх (Дехрадун, Индия)

ВАРИАЦИИ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ И ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ДАННЫХ В СЕЙСМИЧЕСКОМ РАЙОНЕ КАНГРА

Сильные землетрясения вызывают огромные человеческие и материальные потери. С ними связаны, как правило, изменения в ландшафте района в виде оползания склонов холмов, в изменениях русел потоков и в некоторых случаях, в образованиях разрывов в виде трещин разной величины и др. Медленное накопление деформаций в блоках земной коры и в конечном счете их реализация понимается как главная причина этих землетрясений. Поэтому вполне естественно, что наблюдаемые в районе подготовки землетрясений медленные геоморфологические изменения могут служить очень полезными предвестниками.

Видимые изменения в топографии могут быть определены из сравнения топографических карт, аэроснимков, спутниковых снимков путем последовательного сравнения и изучения

последних. В то же время имеют место незначительные изменения в виде поднятий и опусканий блоков земной коры и горизонтальных движений вдоль разломов (разрывов) в районе. Они могут быть выявлены геодезическими методами через повторные наблюдения по нивелирным профилям и на геодинамических полигонах через определенные интервалы времени.

В районе Канчра в северо-западных Гималаях сильное землетрясение интенсивностью 8 баллов произошло утром 4 апреля 1905 года, когда большинство людей еще спали. Это вызвало большие человеческие и материальные потери. Геология, речная сеть региона по изосейсте 8 баллов этого сильного землетрясения приведена в работе (Memoirs, GSI, 1910,

V. 38, p. 336). Сделан вывод, что толчок был вызван внезапным разрывом и последовательной разрядкой напряжений в регионе.

В настоящей работе авторы детально изучили изменения в геоморфологических и геодинамических параметрах, чтобы оценить деформации, накопленные в районе.

Обнаружены незначительные и устойчивые изменения в горизонтальных и вертикальных компонентах геомагнитного поля. Эти изменения указывают на присутствие деформаций земной коры и сейсмическую активность в районе. Гравиметрические аномалии в районе указывают на то, что район испытывает деформации земной коры.

Повторное нивелирование профиля Сахаранпур-Муссоори показывает, что горы Сивалик поднимаются со скоростью 1 мм/км. Профиль Гхаггар-Симла обнаруживается значительное опускание в обширном районе. Такое опускание на большой территории связано с нарушением изостатического равновесия в данном районе.

Вдоль профилей Патанкот-Далхаузи и Джамму-Сриначар выявлены отчетливые вариации движений в районе главного пограничного района. Трендовое поднятие на первом профиле порядка 1 мм-год и на втором - 5 мм/год. Из сказанного выше можно сделать заключение, что эпицентральной зона землетрясения Конгра находится в напряженном состоянии. Это вероятно может быть подготовительной стадией предстоящего сильного землетрясения в данном районе.

В.К.Нагар, Н.Л.Хасия (Дехрадун, Индия)

АНАЛИЗ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЙ В ДОЛИНЕ ГАНГА, ПОЛУЧЕННЫЙ ПО ГЕОДЕЗИЧЕСКИМ ДАННЫМ

В связи с концентрацией эпицентров в долине Ганга, в связи с современной тектонической историей Гималайского пояса приобрел большое значение систематический анализ распределения напряжений по отношению к различным разломам и надвигам, имеющимся в регионе. Геодезической службой Индии были проведены многократные геодезические триангуляционные наблюдения на трех пунктах в верховьях Гангалибо в долине Бхашратхи.

Сеть из 6 пунктов была развита вкrest простирания Гангского регионального разлома в районе Харидвара. Первоначальные наблюдения проводились в 1974-1975 гг., а повторные в 1978-1979 гг. Аналогичная сеть была развита вкrest простирания надвига Сринагар в районе Дхарасу и вкrest Главного Гималайского надвига в районе Бхатвари, области Уттаркаши провинции Уттар Прадеш. В зоне надвига Сринагар наблюдения проводились в 1972-1977 гг., 1977-1978 гг. и 1982-1983 гг., а в зоне Главного Гималайского надвига наблюдения проводились в 1972-1974 гг. и повторялись в 1977-1978 гг. Для расчета координат каждая схема триангуляции отдельно привязывалась к каждому циклу наблюдений. С целью привязки координат ко всем периодам движений применялся метод вариаций координат или метод уравнивания наблюдаемых значений. По уравненным координатам были вычислены параметры деформаций. Для анализа параметров напряжения использовалась двумерная теория бесконечно малых деформаций (J.C.Jaeger et al, 1976).

Параметры деформаций позволяют судить о растяжении и вращении по часовой стрелке с 1974-1975 гг. по 1978-1979 гг. области Гангского разлома. Сжатие и вращение по часовой стрелке установлено для южной части надвига Сринагар с 1972-1974 гг. по 1977-1978 гг. и затем снова с 1977-1978 гг. по 1982-1983 гг., в то время как для северной части того же надвига с 1972-1974 гг. и по 1977-1978 гг. установлено растяжение и вращение по часовой стрелке, а сжатие имело там место с 1977-1978 гг. по 1982-1983 гг. Для Главного Гималайского надвига установлено вращение по часовой стрелке с

с 1972-1974 гг. по 1977-1978 гг. Отсюда можно сделать вывод о нарастании деформаций в долине Ганга.

С.Н.Назаретян (Ленинакан, СССР)

ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ, ОБУСЛАВЛИВАЮЩИЕ РЕЖИМЫ ДВИЖЕНИЙ ПО РАЗЛОМАМ ЗЕМНОЙ КОРЫ

Прежде чем определить сейсмичность крупных разломов, надо установить режим движений по ним, т.к. не каждый тектонический активный разлом является сейсмически активным. В зависимости от образования суммарного смещения по разлому различают три основных типа режима движения: криповый (ведущая роль принадлежит медленным движениям), импульсный (амплитуда складывается из перемещения при сильнейших землетрясениях) и импульсно-криповый.

Особенности проявления движений определяются следующими основными группами факторов: структурным строением разлома; физическими свойствами среды и тектоническими напряжениями.

В число факторов, составляющих группу структурного строения разлома, входят его параметры (ширина, глубина проникновения, длина, угол наклона зоны), кинематический тип разлома (взброс, сброс, надвиг, сдвиг и его комбинации).

При одинаковых условиях наиболее сейсмогенерирующими являются разломы типа взброс или надвиг, имеющих узкие зоны дробления.

Из физических свойств вещества, заполняющего зону разломов и составляющего подвижные блоки земной коры, важное значение имеет его механические свойства, определяющие возможность накопления тектонических напряжений.

На характер движения сильно влияют как направление, величина тектонических напряжений, так и скорость их накопления.

Наряду с указанными факторами определяющими режим движения по разлому, важную роль играют также другие. Например, возраст заложения (или активизация) разлома, расчлененность земной коры, активные поперечные разломы и др. Последний фактор имеет особое значение для изучения движе-

ний в дизъюнктивных узлах, ответственных на наш взгляд за возникновение сильных землетрясений.

С.Н.Назаретян (Ленинакан, СССР)

НАПРАВЛЕНИЯ РЕГИОНАЛЬНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В ЗЕМНОЙ КОРЕ ТЕРРИТОРИИ АРМЕНИИ И ХАРАКТЕР ВОЗМОЖНЫХ ДВИЖЕНИЙ БЛОКОВ

Земная кора территории Армении сильно раздроблена на блоки разной категории и очень трудно определить их подвижность, т.к. физические геодезические данные очень скудные. Поэтому возникает необходимость решения этой задачи другими путями. Например, путем определения основных направлений региональных напряжений и на их основе установление вероятного характера движения блоков.

Для этой цели нами обобщены данные о параметрах механизма очагов более 150 землетрясений, большинство из которых имеют магнитуду 4 и более. Получено, что действующие региональные напряжения сжатия имеют преобладающее близмеридиональное направление, в растяжение - близширотное. Образованные вероятные разрывы в основном простираются в северо-западном и северо-восточном направлениях. Углы падения большинства векторов сжатия и растяжения составляют $0-50^{\circ}$, а разрывов $40-90^{\circ}$.

Таким образом, верхняя часть земной коры территории Армении в настоящее время подвергается близгоризонтальному сжатию меридионального направления. При таком сжатии движение блоков будет происходить как в горизонтальном, так и в вертикальном направлениях. Наиболее подвижными и активными с точки зрения сейсмичности будут диагональные разломы, причем по северо-западным разломам более вероятны правосторонние, а по северо-восточным разломам - левосторонние сдвиги. При наличии густой сети разломов, сложных дифференцированных движений наиболее благоприятными районами накопления больших напряжений являются дизъюнктивные узлы. Спитакское землетрясение 1988 г. показало справедливость вышеуказанных предположений.

М.В.Невский^X), Л.А.Морозова^X), Г.С.Фьюз^{XX}) (^XМосква, СССР; ^{XX}Менло Парк, США)

СВЕРХДЛИННОПЕРИОДНЫЕ ВОЛНЫ ДЕФОРМАЦИЙ ПО ДАННЫМ СЕЙСМИЧЕСКИХ И ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ

По данным долговременных сейсмических наблюдений с использованием промышленных взрывов на плотной сейсмической группе станций Ю.Калифорнии выявлена временная изменчивость поля невязок времен пробега первых продольных волн. Установлена тесная связь статистических характеристик вариаций невязок времен пробега и временных изменений первого инварианта тензора деформаций по данным светодоальномерных изменений на плотной трилатерационной сети в районе установки сейсмической группы.

На основе результатов двумерного корреляционного анализа временных рядов невязок установлено, что процесс временных изменений имеет характер процесса распространения возмущений поля невязок в виде затухающей волны с направлением распространения вдоль основного тектонического нарушения региона-разлома Сан-Андреас. Групповая скорость распространения составляет ~ 40 км/год, максимальная амплитуда относительных вариаций невязок не превышает $2 \cdot 10^{-3}$. Основной энергетический вклад в процесс вариаций невязок времен пробега вносит гармоника с периодом 2,8 года.

На основании установленной для района наблюдений тесной связи вариаций невязок или скоростей сейсмических волн и вариаций "объемной" деформации обнаруженный эффект можно интерпретировать как эффект распространения сверхдлиннопериодных деформационных волн с максимальной амплитудой $\sim 10^{-6}$ и декрементом затухания $\sim 0,5$.

С использованием результатов теории тектонических волн (Дж.Райс, В.Н.Николаевский) обсуждена возможная природа установленного эффекта распространения деформационных волн, вызывающих временные изменения упругих характеристик коры в частотном диапазоне сейсмических волн. На основании результатов эксперимента и теории получены оценки характеристик модели, объясняющей эффект распространения волн деформаций, в частности, вязкости астеносферы, хорошо согласующиеся с независимыми оценками аналогичных параметров иными методами.

Приведены примеры выявления и интерпретации сверхдлиннопериодных деформационных волн по данным наблюдений в других районах.

Д.Немет (Секешфехервар, ВНР)

КОНТРОЛЬНАЯ СЕТЬ, СОЗДАННАЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ СОВРЕМЕННЫХ ДВИЖЕНИЙ ЗЕМНОЙ КОРЫ

Активные зоны современных движений коры Земли проходят вдали от Венгрии. Наблюдения за вертикальными составляющими движений коры в Карпато-Балканском регионе ведутся уже в течение двух-трех десятков лет. Из полученных данных можно сделать вывод, что это движение относительно медленно (скорость: 0-5 мм/год). Геологические наблюдения указывают на то, что движения коры обладают еще и горизонтальной составляющей, которую можно измерить.

Величины горизонтальной составляющей целесообразно исследовать на таких территориях страны, где в последнее время действительно наблюдались признаки движения земной коры. Такой территорией в Венгрии является Берхидский бассейн, где в 1985 году наблюдалось землетрясение силой в 5,6 балла по шкале Рихтера. Нивелирования, произведенные после землетрясения, показали локальные вертикальные сдвиги в 15-20 мм.

Началось создание главной геодезической сети, охватывающей территорию в 40 кв.км, и начался сбор информации горизонтальных измерений. В интересах сокращения расходов по созданию сети, точки контрольной сети идентичны с точками государственной геодезической сети. Средняя длина сторон 2-3 км, а исходные данные вычисляются из совместных уравниваний измерений направлений и дальномерных измерений.

И.Л.Нерсесов^X), Х.В.Киракосян^{XX}), Э.Г.Гёдакян^{XX})
(^XМосква, ^{XX}Ленинкан, СССР)

ОСОБЕННОСТИ АФТЕРШОКОВОЙ АКТИВНОСТИ СПИТАКСКОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ

Область распределения афтершоков Спитакского земл-

трясения в тектоническом отношении отличается дифференцированным характером новейших тектонических движений. В этой зоне происходят подвижки разломов как северо-западного, так и субмеридионального простирания, что и определяет особенности характера деформационных процессов. Согласно инструментальным данным, основной толчок Спитакского землетрясения имел сбросо-сдвиговый характер с близширотной направленностью сдвиговой компоненты. Характерно, что географическое распределение в эпицентральной зоне за 7 декабря 1988 года и в последующие несколько дней, также имеет близширотное распределение. Примерно с 15-17 декабря происходит изменение направления относительной оси распределения афтершоков в северо-западном направлении. Одновременно происходит изменение основных характеристик механизмов очагов этих землетрясений. Надо отметить, что афтершоки отдельных участков эпицентральной области в основном имеют определенный механизм очага. Изменение относительной оси распределения афтершоков по времени совпадает с изменением направленности горизонтального вектора деформации земной коры, полученной составляющими С-Ю и В-З, в штольне геофизической обсерватории "Гарни".

Анализ данных суммарной высвобожденной энергии во времени из отдельных участков эпицентральной области указывает на то, что в процессе афтершоковой активности происходила активизация северо-западной части эпицентральной зоны.

Полученные данные дают возможность выявить некоторые закономерности изменения пространственного распределения афтершоков Спитакского землетрясения во времени в связи с деформационными процессами

И.Л.Нерсесов, Л.А.Латынина (Москва, СССР)

О ДЕФОРМАЦИОННЫХ ПРОЦЕССАХ ПЕРЕД СПИТАКСКИМ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕМ

Всеми деформационными станциями Восточной Европы и Средней Азии зарегистрированы изменения в зоне деформаций перед Спитакским землетрясением 7.12.88 г. Длительность этих изменений 2-5 суток, величина для деформаций до 10^{-7} , для наклонов до 0,1 сек. дуги. Наиболее вероятно, что эти изменения вызваны барическими процессами и непосредственно

не связаны с процессами подготовки землетрясения, так как они на один-три порядка больше деформаций, источником которых может быть очаговая зона, их величины закономерно не уменьшаются с увеличением эпицентрального расстояния, во многих пунктах имеет место корреляция возмущений в ходе деформаций с изменениями метеорологических факторов.

Можно предположить, что в близких к эпицентру пунктах наблюдаемые аномалии являются предвестниками землетрясения. Изменения деформации, зарегистрированные на большой территории, видимо, связаны с атмосферными процессами, активизация которых имела место в рассматриваемый период, и которые могли сыграть роль спускового механизма в возникновении Спитакского землетрясения.

А.В.Николаев (Москва, СССР)

ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ И ВОЗМОЖНОСТИ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ГЕОДЕЗИИ

Деформации земной коры вызывают изменения скоростей распространения сейсмических волн. Эти изменения определяются коэффициентом нелинейности $K = \rho \nu \cdot (\Delta \nu / \Delta \rho) \approx \Delta \nu / \nu : \Delta \theta$, ρ - плотность, ν - скорость продольной сейсмической волны, $\Delta \nu$ - изменение $\Delta \theta$, вызванное изменением объемной деформации

Систематическими исследованиями изменений скоростей волн во времени, вызванными приливными и геодинамическими деформациями, установлено, что средние значения K для земной коры составляют около 10^{-7} . При точности определения времени пробега волн 2 мс точность оценки средних деформаций по трассе сейсмического луча составляет 10^{-7} . Решение обратной задачи "сейсмической геодезии", т.е. определение изменений длин сейсмических лучей по изменениям времен пробега может быть осуществлено на основе сетей сейсмических станций и искусственных источников, регулярно осуществляющих сейсмические просвечивания. Математически эта задача совпадает с задачей сейсмической томографии.

Определение связи изменения деформаций и скоростей волн может быть осуществлено с помощью наблюдений вариаций ν , вызванных приливными деформациями, а также сопоставлением результатов сейсмических и геодезических режимных

наблюдений.

На примере исследования временных изменений скоростей сейсмических волн в Центральном Таджикистане, Южной Туркмении и Калифорнии показаны возможности комплексирования сейсмических и геодезических наблюдений, рассмотрены вопросы планирования систем наблюдений.

В.В.Николаев (Иркутск, СССР)

ТРАНСФОРМАЦИЯ ЭНЕРГИЙ В ДЕФОРМАЦИОННО НЕУСТОЙЧИВЫХ ЗОНАХ

Под деформационно неустойчивыми зонами понимаются линейные зоны активных новейших и современных движений, в которых происходит процесс постоянного преобразования энергии движения блоков (морфоструктур) в энергию деформаций с последующей ее реализацией импульсными сейсмическими движениями в условиях напряженного состояния земной коры.

За основу количественной интерпретации деформационного процесса в динамически неустойчивых зонах принимаются три положения:

- сейсмотектонический анализ соотношения "геологическая структура - морфоструктура - землетрясение";
- теория упругой отдачи Риди- *Reid's elastic rebound theory*, применимая к любому типу движений (горизонтальные, вертикальные или комбинированные);
- трансформация энергии движения развивающихся структур в энергию упругих деформаций на участках их активного сочленения.

Прежде всего, при этих построениях следует учитывать то, что сейсмотектонический процесс рассматривается как процесс объемного развития современных тектонических элементов земной коры (морфоструктур, блоков), обуславливающих постепенное накопление энергии упругих деформаций. Энергия и повторяемость сильных сейсмических событий находятся в тесной зависимости от интенсивности новейшей и современной активизации и глубинного строения территорий.

Исходя из классических представлений о кинетической энергии, предлагается методика расчета энергии деформаций в зонах повышенных градиентов новейших и современных тектонических движений.

А.А.Никонов, И.Д.Воробец, А.С.Караханян, Ю.М.Тейтельбаум
(Москва, Ленинакан, СССР)

РАЗРЫВЫ НА ПОВЕРХНОСТИ И В ОЧАГЕ СПИТАКСКОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ
7.12.1988 (ПО ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИМ, ГЕОЛОГИЧЕСКИМ, ГЕОДЕЗИ-
ЧЕСКИМ И СЕЙСМОЛОГИЧЕСКИМ ДАННЫМ)

Спитакское землетрясение 7.12.1988 г. в северной Арме-
нии ($I_0=10$, $M=7$) впервые на Кавказе дало возможность наблю-
дать и исследовать процесс образования и развития очага
столь сильного землетрясения с выходом на дневную поверх-
ность разрыва в очаге. Возникший разрыв протяженностью поч-
ти непрерывно 6 км (суммарно свыше 15, до 30 км) прошел в
согласии с простиранием (северо-запад-юго-восток) геологи-
чески фиксированных ранее местных нарушений, но пересек
различные элементы рельефа. Наклон плоскости смещения у по-
верхности к северо-востоку под углами $50-80^\circ$, максимальное
смещение крыльев до 2 м, характер подвижки - взбросо-сдвиг
с общим поднятием северо-восточного крыла и правосторонним
смещением. То же получено и по инструментальным сейсмологи-
ческим данным.

Высокоточное нивелирование через эпицентральною об-
ласть по близмеридиональному профилю обнаружило вертикаль-
ные перемещения около 1000 мм (спустя 4-6 недель после
главного толчка) на участке юго-западнее Спитака, где сейс-
мотектонический разрыв вышел на поверхность. Распределение
перемещений по профилю наилучшим образом объясняется сме-
щением взбросового характера - вздергиванием северо-восточ-
ного и поднятием юго-западного крыльев разрыва. Пространст-
венно-временное распределение афтершоков вполне согласуется
с положением и кинематикой известных геологических разломов
и новообразованных разрывов.

В целом независимые геологические, геоморфологические,
геодезические и сейсмологические данные согласно свиде-
тельствуют о вспарывании разрыва северо-запад - юго-восточ-
ного простираания протяженностью не менее 25-30 км (на глу-
бине), последовательном его углублении, чередующейся актив-
ности соседних разрывов, взбросово-сдвиговом механизме оча-
га с возникновением на поверхности отчетливых сейсмотекто-
нических дислокаций.

В.Оансеа, О.Базаклу (Бухарест, СРР)

ВАРИАЦИИ ЗАТУХАНИЯ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЛН В РАЙОНЕ ВРАНЧА (РУМЫНИЯ)

Значения частоты в зависимости от фактора Q определены из формы кривой и из временной зависимости преобладающей частоты. Данные включают записи скорости короткопериодных волн S - I_3 для Вранчских землетрясений, произошедших в период 1982-1987 гг. на глубинах 60-200 км, полученных на станции (MLR) Чейа, расположенной в эпицентральной зоне. Изучается зависимость Q от глубины.

А.О.Оганесян (Ленинакан, СССР)

ВОЗМОЖНЫЕ ИСТОЧНИКИ НЕПРИЛИВНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ СИЛЫ ТЯЖЕСТИ И ИХ ФИЗИКО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ (НА ПРИМЕРЕ ЗАНГЕЗУРСКОГО ГЕОДИНАМИЧЕСКОГО ПОЛИГОНА)

На основании более десятилетних исследований установлено наличие неприливных изменений силы тяжести (НИСТ) в сейсмоактивных районах Армении, которые качественно коррелируются с некоторыми геологическими факторами. Приведенные в работе результаты анализа выявленных НИСТ с данными о современных вертикальных движениях земной коры и геоструктурными элементами двух профилей вдоль и поперек простирания Зангезурской сейсмоактивной зоны позволяют использовать их для постановки физико-геологического моделирования эндогенных процессов, вызывающих локальные НИСТ в Зангезурской сейсмоактивной зоне.

Количественная оценка гравитационного эффекта, связанного с изменением плотности конкретных физико-геологических моделей, показала, что максимальное изменение силы тяжести может достигать величины $60+70 \cdot 10^{-8} \text{ м/с}^2$. Этим и объясняются выявленные значения НИСТ на западном участке полигона. На пунктах же центральной части полигона (в разломной зоне) наблюдаемые НИСТ достигают $100 \cdot 10^{-8} \text{ м/с}^2$ и имеют нестабильный, знакопеременный характер, что на наш взгляд, указывает на другую природу источников аномалий. По нашим представлениям причиной этих аномалий могут быть перемещения масс в ослабленных зонах глубинного разлома.

Ш.С.Оганесян (Ленинакан, СССР)

ГРАВИТАЦИОННОЕ ПОЛЕ И ДИНАМИКА ЗЕМНОЙ КОРЫ (НА ПРИМЕРЕ АРМЯНСКОЙ ССР)

1. Между региональными аномалиями гравитационного поля и новейшими вертикальными движениями земной коры наблюдается корреляционная зависимость. Центральная часть исследованной территории обладает интенсивным отрицательным гравитационным полем и в то же время, являясь наиболее подвижной зоной региона, характеризуется длительным поднятием.

Аракатская и Куринская котловины, которые характеризуются повышенными значениями аномалии силы тяжести, являются межгорными впадинами.

2. Между неприливыми вариациями силы тяжести и современными вертикальными движениями земной коры наблюдаются обратные соотношения, т.е. опусканиям соответствует увеличение, а поднятиям - уменьшение силы тяжести.

3. При сопоставлении карты аномалий силы тяжести с картой эпицентров землетрясений заметно, что из элементов гравитационного поля полноценная связь наблюдается между зонами больших горизонтальных градиентов и сейсмичностью. Особенно высока сейсмичность в районах пересечения и сочленения зон больших градиентов разных ориентаций. Интенсивность землетрясений отчетливо коррелируется с величиной градиентов зоны.

4. Характер гравитационных полей в разных редукциях свидетельствует о том, что исследуемая территория далека от состояния изостатического равновесия. Количественные расчеты показывают, что изостатическое равновесие могло бы иметь место при модели с мощностью коры, увеличенной на 8 км. Однако изостатическое равновесие может осуществляться и путем изменения плотности подкорового слоя.

А.О.Оганесян, С.М.Оганесян, А.Г.Бабаджян (Ленинакан, СССР)

О РЕЗУЛЬТАТАХ ПРОВЕДЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО НЕПРИЛИВНЫМ ИЗМЕНЕНИЯМ СИЛЫ ТЯЖЕСТИ НА ШИРАКСКОМ ГЕОДИНАМИЧЕСКОМ ПОЛИГОНЕ

Результаты повторных пезизионных гравиметрических исследований, проводимых до и после Спитакского землетрясе-

ния на Ширакском геодинамическом полигоне, показали, что наблюдаемые аномальные неприливные изменения силы тяжести (НИСТ) главным образом обусловлены современными геодинамическими процессами, происходящими в зонах активных глубинных разломов.

Как правило, в пределах активных разломов наблюдается нестабильный, пульсационный характер изменения силы тяжести. Амплитуда НИСТ в зонах разломов превышает $100 \cdot 10^{-8}$ м/сек.² в год, что в 3-5 раз выше по отношению к изменениям, наблюдаемым в районах развития стабильных блоков.

Установлены пространственно-временные соотношения между распределением НИСТ и скоростями современных вертикальных движений земной коры, локальными аномалиями векового года геомагнитного поля, изменением дебита родников и сейсмичностью. Выявлена коррелируемость указанных параметров в периоды геодинамической активизации.

Разработан и предложен проект долгосрочной программы режимных гравиметрических исследований на эпицентральной зоне Спитакского землетрясения.

Ю.П.Оровецкий (Ташкент, СССР)

СЕЙСМОГЕННЫЕ СТРУКТУРЫ ЦЕНТРАЛЬНОЙ АРМЕНИИ

1. Методикой статистической фильтрации волновых полей в литосфере различных регионов Земли выделен новый класс неоднородностей - транскоровые геофизические аномалии - скопления отражающих площадок, точек дифракции и обмена сейсмических волн.

2. В Центральной Армении Ахурян-Касахская и Раздан-Арпинская аномалии прослежены до глубины 60 км. Максимальные размеры вверху 85 и 120, внизу 10 и 25 км. Сопровождаются интенсивным магматизмом, мощным тепловым потоком, современными отрицательными движениями; развиты вулканы, трубы взрыва, термальные источники.

3. Глубинность, конфигурация, ультраосновной магматизм, геотермика позволяют, как и в других регионах мира, отождествлять аномалии Центральной Армении с мантийными диапирами. Время их внедрения, судя по перерыву в осадко-накоплении, поздний мел, что отвечает возрасту ультрабазитов территории.

4. Максимальный тепловой поток, сопровождающий диапиры, 160 мВт/м^2 (при 50 мВт/м^2 в сопредельных территориях).

5. Зоны инверсии в скоростном разрезе определяются как остаточные магматические очаги, а гипоцентры землетрясений над ними как результат просадки кровли при остывании и сокращении последних.

6. Очаги коровых землетрясений, оконтуривающие диапиры, образуют периферические сейсмогенные пояса, куда, видимо, попадает и "Спитак-88". Связываются с термоусадочным срывом толщ на контакте.

7. Область восьмибалльных землетрясений (Центрально-Армянский прогиб) располагается между диапирами. Термоусадочные явления в них, интерферирующие во времени, создают здесь сейсмоопасную обстановку.

8. Центральная Армения - территория с нестационарным тепловым режимом: на глубине 30 км температура 1100°C ; связана с мантийной зоной поглощения -волн, трассируемой в Турцию и, частично, Черное море.

Д.Н.Осокина^х), К.И.Кузнецова^х), Н.Х.Багманова^{хх}) (^хМосква, ^{хх}Фрунзе, СССР)

О ВОЗМОЖНОСТИ ВЫЯВЛЕНИЯ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ ПО КРУПНЫМ РАЗЛОМАМ НА ОСНОВЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО РАСЧЕТА ЛОКАЛЬНЫХ ПОЛЕЙ НАПРЯЖЕНИЙ, ПРОГНОЗА ВТОРИЧНЫХ РАЗРЫВОВ И ДЕТАЛЬНОГО ИЗУЧЕНИЯ СЕЙСМИЧНОСТИ

Проведенные ранее экспериментальные и теоретические исследования показывают, что смещения берегов разрыва вызывают закономерные искажения исходного поля напряжений в его окрестностях. Естественно ожидать, что эти искажения должны отражаться в особенностях механизмов очагов слабых землетрясений. В настоящей работе сделана попытка обнаружить этот эффект и показать возможность его использования для выявления смещений по крупным разломам.

На основе теоретического расчета двумерного поля напряжений в окрестностях разрыва с наложением третьего главного напряжения были получены варианты трехмерного локального поля разрыва. По ним были построены теоретические схемы прогноза вторичных сколовых нарушений в зоне активного разлома. Эти схемы позволяют прогнозировать местоположение, размеры, конфигурацию областей, где ожидаются сколовые нарушения различных типов (надвиги, сдвиги, сбросы) и ориен-

тацию их плоскостей. Предполагая, что активный разрыв может быть сопоставлен с плоскостью, по которой идет смещение в очаге сильного землетрясения, а вторичные нарушения — с разрывами в очагах слабых землетрясений, мы рассмотрели схемы прогнозов вторичных нарушений для ряда вариантов внешнего поля, отвечающих изменению во времени одного из главных напряжений этого поля.

Изучение площадного распределения типов сейсмотектонической деформации в очаговой зоне Алайского землетрясения 1978 г., за трехлетний период перед его возникновением, и сопоставление с теоретическими картинками прогнозируемых вторичных сколовых разрывов в зоне активного разлома показывают, что эти деформации могли быть асейсмичным сдвиговым перемещением (крипом) по одному из двух региональных разломов (Дарваз-Каракульскому или Гиссаро-Кокшаальскому). Тем самым показана возможность не только диагностировать живой участок разлома, но и определить его длину и направление перемещения по нему по данным только о слабой сейсмичности.

В.К.Панкрушин (Новосибирск, СССР)

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ АВТОМАТИЗАЦИИ МОДЕЛИРОВАНИЯ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ КОМПЛЕКСНЫХ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ И ГЕОФИЗИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ

В докладе предлагается математическое обеспечение автоматизированных систем научных исследований (АСНИ) геодинамических объектов (процессов) по результатам пространственно-временных рядов комплексных геодезических и геофизических наблюдений. В основе обеспечения лежит понятие математической модели состояния геодинамического объекта (процесса) с распределенными параметрами. В качестве математического аппарата для структурной и параметрической идентификации изучаемых объектов используется адаптивный фильтр Калмана-Бьюси (ФКБ). Рекуррентный характер алгоритма ФКБ позволяет определять как текущие, так и прогнозные оценки параметров движений и деформаций земной коры и их точностные характеристики. Это свойство ФКБ дает возмож-

ность обнаруживать изменение организации геодинамического объекта, то есть давать описание движений бифуркационного (катастрофического) типа.

Оценки параметров движений используются в аспекте адаптации модели состояния для статистического моделирования вариаций (изменчивости) геодинамического процесса с помощью пространственных и временных корреляционных или структурных функций, а также определяемых по ним средних градиентов. Такие модели вариаций параметров движений хорошо выделяют различные типы или этапы движений и деформаций (предваряющий землетрясение, обусловленный землетрясением, последствия землетрясения, восстановления) и характер движений различных регионов. Полученные корреляционные функции, характеризующие вариации движений, используются затем при построении стохастических моделей состояния геодинамического объекта.

А.К.Певнев (Москва, СССР)

ДЕТЕРМИНИРОВАННЫЙ ПРОГНОЗ МЕСТА И МАКСИМАЛЬНО ВОЗМОЖНОЙ СИЛЫ КОРОВОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ

Тектоническое коровое землетрясение является актом быстрого разрушения некоторого объема пород сейсмогенного слоя земной коры под действием упругих сейсмогенных деформаций, накопленных в этом объеме. Следовательно, прогноз места подготовки сильного корового землетрясения должен заключаться в обнаружении именно того объема сейсмогенного слоя, в котором идет процесс накопления сейсмогенных деформаций. Причиной накопления таких деформаций является изменение скорости смещений литосферных блоков в том или ином конкретном участке, разделяющего эти блоки сейсмогенного разлома. Отличительным признаком накопления сейсмогенных деформаций является закономерное регулярное упруго-изгибное деформирование той самой части слоя, в которой эти деформации накапливаются. Указанные деформации накапливаются в сравнительно узкой полосе сейсмогенного слоя, вытянутой вдоль сейсмогенного разлома, и проникают в тела литосферных блоков, примыкающих к остановившемуся участку сейсмогенного разлома, не далее чем на 10-25 км. Так как в упругом изги-

бании сейсмогенного слоя участвует и земная поверхность, являющаяся верхней поверхностью этого слоя, то указанное закономерное искривление земной поверхности может быть измерено геодезическими методами и, следовательно, таким способом можно обнаруживать объемы горных пород, накапливающих сейсмогенные деформации, т.е. именно так можно реализовать детерминированный прогноз места и силы готовящегося землетрясения.

Теоретические предпосылки и экспериментальные данные говорят о том, что с помощью геодезической прогнозной системы возможен указанный прогноз для землетрясений с магнитудой пять и выше.

В.С.Передеро, Н.Н.Михайлова (Алма-Ата, СССР)

ОПЫТ СОВМЕСТНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СЕЙСМОЛОГИЧЕСКИХ И ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ОЧАГА ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ

12 ноября 1988 г. практически в пределах территории г. Алма-Аты произошло землетрясение, эпицентр которого, определенный с высокой точностью, находился на Заилийском разломе. Несмотря на относительно небольшую величину этого события ($K=8,2$, $M_H=2,0$), интенсивность сотрясения в городской черте достигала 4-х баллов по шкале М К. Глубина очага 3-5 км. Определен механизм очага, однако методика не позволяет однозначно говорить о "действующей" плоскости разрыва.

Для выяснения положения разрыва и уточнения некоторых элементов механизма очага были использованы результаты периодических линейных измерений на геодезической сети, расположенной на Заилийском разломе в 5 км на запад от эпицентра. Наблюдения были проведены как перед землетрясением (5 октября, 11 ноября), так и после него (22 ноября).

Анализ показал, что перед землетрясением в лежащем крыле разлома отмечено растяжение, а в висячем - сжатие величиной порядка $(2-4) \cdot 10^{-5}$. После землетрясения в лежащем крыле напряжения полностью релаксировались, а по разлому был зафиксирован левосторонний сдвиг с амплитудой $I-I,5$ см. Это соответствует сейсмологическим данным по одной из возможных плоскостей разрыва механизма очага. Находит объяснение больший макросейсмический эффект на висячем

крыле разрыва, что согласуется с мировыми данными по сейсмологическому воздействию.

М.Пик (Прага, ЧССР)

ОБ УРАВНЕНИЯХ РАНКОРНА ДЛЯ КОНВЕКТИВНЫХ ТЕЧЕНИЙ

Гипотеза о существовании конвективных потоков была предложена в 1931 г. Холмсом. Предполагалось, что конвективные потоки могут рассматриваться в качестве возможного механизма горообразования. Значительные ундуляции геоида могут быть объяснены неравномерностью в распределении массы в верхних частях Земли.

Проблема может быть решена с помощью плотностных моделей Земли. Уравнение Навье-Стокса может быть использовано, когда известны распределения плотности, давления и силы тяжести в литосфере и астеносфере. Ранкорн существенно упростил задачу. Он предположил, что верхняя часть Земли состоит из двух слоев. Внешний слой жесткий и спокойный. Внутренний слой вязкий и удовлетворяет следующим условиям:

1. Его размер существенно велик, так что гравитационным влиянием нижней границы можно пренебречь.
 2. Форма верхней границы между спокойным и вязким слоями такова, что существует гидростатическое равновесие.
 3. Коэффициент вязкости постоянен и равен 10^{21} Пуаз.
- Очевидно, что это скорее оценка, чем вычисление. Тем не менее ее можно использовать в первом приближении.

Мы модифицировали гипотезу Ранкорна. Первая адаптация внешне формальна. Ранкорн использовал для расчета внешний гравитационный потенциал истинной Земли, выраженный в виде серии сферических гармоник. Недостатком этого решения является плохое разрешение, тем не менее, если суммировать ряды гармоник и удалить фильтрацией более высокие частоты от входных данных, можно использовать гравитационные аномалии или высоты геоида в качестве входных данных.

Вторая модификация более существенна. Вместо действительной Земли мы ввели регуляризованную Землю (топография была сглажена), т.е. вместо аномалий в свободном воздухе применили действительно изостатические аномалии, и вместо высот геоида - высоты когеоида, т.е. изостатического ко-

геоида.

Напряжения, возникающие согласно гипотезе Ранкорна на границе литосферы и астеносферы за счет конвективных течений, были вычислены и нанесены на графике как векторное поле для Европы. Сравнивая векторное поле с гипсометрической картой литосферы, полученной сейсмологами (Бабушка и др., 1988), можно увидеть интересную картину: выступы, представляющие амплитуды и направления напряжений образуют систему ортогональных траекторий к сейсмическим изогипсам подошвы литосферы.

Идея интегрирования векторного поля очевидна. Если вектор имеет характер градиента, то после интегрирования получаем поле глубин литосферы (естественно не в километрах). Правильный масштаб глубин может быть определен корреляцией их с картой глубин подошвы литосферы (полученных по сейсмическим данным). Связь оказывается линейной. Коэффициент корреляции относительно высокий, около 0,8.

В принципе метод может применяться в качестве математического обоснования, которое позволяет выделять прогибание литосферы на основе данных о возмущениях в гравитационном поле Земли. Этот метод хорошо применим для территории Европы.

С.А.Пирузян (Ереван, СССР)

"КОНЦЕРТЫ" ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ И ПОПЕРЕЧНЫЕ ДИСЛОКАЦИИ НА КАВКАЗЕ

Рассматривается феномен серии одновременных значительных сотрясений или "концертов" землетрясений во взаимосвязи с разрывными дислокациями. Привлекаются как уже известные факты сейсмических "концертов" на Кавказе (Л.А.Варданянц, С.А.Пирузян) и Японии (Т.Мацуда) и др., так и новые данные по ряду исторических и современных разрушительных землетрясений, в том числе и Спитакского землетрясения 7 декабря 1988 г.

Согласно имеющимся макросейсмическим и инструментальным данным за первые 20 сек. этой сейсмической катастрофы имели место три толчка большой силы, отвечающих трем субочагам Спитакского землетрясения.

Сделана попытка тектонической интерпретации описанного явления с позиции одновременного "срабатывания" системы взаимосвязанных глубинных разрывных дислокаций и, в особенности, поперечных дислокаций Кавказа.

В.Ф.Писаренко, В.Б.Энман, К.В.Иванов, М.И.Лакотко, О.Е.Попов, С.А.Стегниенко (Москва, СССР)

КОРОТКОПЕРИОДНЫЕ ДЕФОРМАЦИИ ЗЕМНОЙ КОРИ

Частные светодальномерные измерения (1-2 раза в неделю), выполняемые в высокосейсмичном районе Восточной Камчатки, выявили неизвестное ранее новое явление: периодические горизонтальные деформации с амплитудой до 10^{-5} и периодами в несколько суток.

Анализ пространственно-временных особенностей деформирования измерительной сети позволил определить следующие параметры деформаций:

1. Направленность деформаций.
2. Период колебаний.
3. Скорость распространения деформаций.

Получена также некоторые условия существования наблюдаемых колебаний. Например, волновые колебания двухсуточного периода возникают при каждом достаточно сильном землетрясении в районе исследований, и быстро затухают. Более длиннопериодные (например двухнедельные) существуют независимо от сейсмического воздействия и затухают несравнимо медленнее.

По-видимому, наблюдаемые явления связаны с блоковым строением региона, причем более длиннопериодные колебания возможно соответствуют существованию более крупных коровых блоков или сочетаний блоков.

В.А.Пьянков, В.А.Шапиро (Свердловск, СССР)

ЭЛЕКТРОКИНЕТИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ЗЕМНОЙ КОРЕ И ПРОБЛЕМА ПРОГНОЗА ТЕКТОНИЧЕСКИХ СОБЫТИЙ

Для изучения по геофизическим данным современных геодинамических процессов в том числе и землетрясений необхо-

димо представлять природу явлений, сопровождающих нарушение сплошности земной коры. Только на этой основе возможна оптимальная организация наблюдений и их интерпретация, в том числе и определение времени, места и энергии тектонического события.

В результате анализа геофизических данных, полученных авторами, разработана концепция электрокинетических токов, объясняющая возникновение на поверхности Земли аномальных электромагнитных полей и предложена модель разрушения блока земной коры, которая позволяет связать аномальные деформации земной поверхности и гидрогеологические явления, вызывающие геомагнитные вариации.

В результате исследований особенностей поля, возникающих в процессе деформирования проницаемой влагонасыщенной среды, выявлены следующие закономерности, отличающиеся от принятых:

1. Участки с аномальными характеристиками полей могут не совпадать с зонами активного разрушения земной коры, такие участки тектонически менее активны, чем окружающая территория.

2. Более длительным предвестниковым изменениям поля могут соответствовать менее сильные тектонические события.

Привлечение электрокинетической концепции при изучении пространственно-временной картины геофизических полей позволяет эффективнее решать проблему прогноза землетрясений. Подтверждением этому являются результаты исследований на Урале и в Узбекистане.

Д. Прохазкова (Прага, ЧССР)

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРОГНОЗА ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЕВРОПЕ

Геологическая среда рассматривается как открытая геодинамическая иерархическая система, где развитие ее внутренних и внешних частей взаимозависимы. Развитие системы означает, что ее будущее состояние - результат настоящего и прошлого состояний системы. Аналогично мы понимаем возникновение землетрясений. Математическая теория анализа системы предлагает метод черного ящика, так как мы не знаем точно процессов, приводящих к возникновению землетрясений.

Метод состоит в изучении и сборе предвестников землетрясений и определении состояния геологической среды, результатом которого является землетрясение. Непоследовательность результатов, касающихся землетрясений, опубликованных в последней литературе, разнообразие тектонических процессов, свойств фокальных зон и отдельных землетрясений делает необходимым проведение детальных исследований в конкретном регионе. Поэтому для того, чтобы иметь возможность предсказывать землетрясения в Центральной Европе мы выполнили:

- детальные исследования землетрясений и их взаимосвязи;
- создание хронологической модели трендов неотектонических движений, основанной на анализе мелкомасштабной тектоники и измерения напряжений

Обобщение этих результатов показывает, что генезис фокальных зон с их сильными землетрясениями связан с отдельными трендами в движениях за последние 5 млн. лет. В докладе описаны такие тренды в Альпидах и части платформы, сопряженной с ними. Поскольку такие тренды различны, то могут быть предсказаны события.

Д. Прохазкова (Прага, ЧССР)

РОИ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ В ЗАПАДНОЙ БОГЕМИИ

Первые данные о землетрясениях в Западной Богемии относятся к концу 12 века. Фокальная зона находится на пересечении крупных систем разломов Богемского массива, глубинного разлома Литомержице и системы разломов Западной Богемии (разлом Мариенски Лазни и разломы параллельные ему). Различные тенденции современных движений земной коры в различных частях этого региона доказаны геологическими и геодезическими данными (Хебский бассейн - область опускания, область развития кристаллических пород Эльстергебирге к западу от Хебского бассейна и западная часть Крушных гор - Рудные горы, - области поднятий).

Характерной особенностью роев землетрясений является то, что они делятся на два или более периода повышенной сейсмической активности, между которыми заметны периоды низкой активности. Активные периоды продолжаются 3-6 дней.

В эти периоды происходит до 100 толчков в день и они концентрируются около самых сильных землетрясений роя. Последний рой землетрясений причинил неприятности Западной Богемии на границе 1985 и 1986 гг. Это было подтверждено богатым макросейсмическим и инструментальным материалом. Сильнейший толчок в рое ($M=4,6$; $J_0=7^0$; MKS -64) произошел 21 декабря 1985 года в 10 час.16 мин. (UTC). Сравнение этого роя землетрясений с прошедшими показало совпадение в главных чертах. Анализ сейсмограмм последнего роя, особенно на местных сейсмостанциях показал, что отдельные толчки отличались силой, положением и механизмом очага. Пространственно-временное изучение характеристик толчков этих роев землетрясений выявило большие и быстрые изменения локальных тектонических напряжений и очень сложный разрывной процесс во время роя.

Ф.Радулеску, В.Наку, Д.Стиопол (Бухарест, СРР)

ИЗУЧЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ДВИЖЕНИЙ ЗЕМНОЙ КОРЫ В РУМЫНИИ (ПОЛИГОН ГРУЙЮ-КАЛДАРУШАНИ)

Первые геодезические работы на геодинамическом полигоне Груйю-Калдарушани для определения горизонтальных и вертикальных движений вдоль главного разлома платформы были начаты осенью 1979 года.

Измерения (нивелирование, трилатерация, триангуляция) были выполнены в период 1979-1987 гг. и показали различное поведение реперов в связи с главными землетрясениями области Бранча.

На геодинамическом полигоне были выполнены высокоточные гравиметрические и геомагнитные измерения. Эти результаты были сопоставлены в геодезической информацией.

А.П.Райзман (Ташкент, СССР)

СОСТОЯНИЕ И РЕЗУЛЬТАТЫ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ДЕФОРМАЦИЙ ЗЕМНОЙ КОРЫ В РАЙОНЕ ЧАРВАКСКОГО ГИДРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА (УЗБЕКИСТАН)

По результатам многократных, повторных высокоточных измерений 1969-1988 гг. изучены некоторые особенности де-

формаций земной коры вокруг Чарвакского водохранилища.

Относительные изменения высот реперов, расположенных в теле плотины Чарвакской ГЭС находятся в пределах от $-3,5$ до $+2,7 \pm 1,7$ мм.

Вертикальные перемещения земной поверхности в разных частях береговой полосы водохранилища носят контрастный колебательный характер. Наибольшая относительная амплитуда колебания, по результатам измерений 1985 г., достигает $33,1 \pm 4,1$ мм в районе селения Яккатут.

Выявлена некоторая качественная зависимость изменения высот точек земной поверхности от изменения объема воды в водохранилище: с увеличением объема воды, берега испытывают опускание, а со сбросом воды - поднятие.

Особое внимание в процессе дальнейших исследований рекомендуется уделить юго-восточной части Чарвакского водохранилища.

А.П.Райзман (Ташкент, СССР)

НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ДЕФОРМАЦИЙ ЗЕМНОЙ КОРЫ В РАЙОНАХ НУРЕКСКОГО И РОГУНСКОГО ГИДРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ (ТАДЖИКИСТАН)

Исследованием вертикальной составляющей деформации земной коры, по результатам нивелирования 1974 и 1985 гг., установлено относительное опускание земной поверхности вблизи плотины Нурекской ГЭС, со стороны нижнего бьефа, до $83,7 \pm 2,9$ мм (1984 г.). Южное побережье Нурекского водохранилища, по данным изменений 1974 и 1984 гг. претерпело относительное опускание до $40,3 \pm 2,5$ мм.

По данным линейных измерений 1974 и 1976 гг. выявлены горизонтальные смещения пунктов триангуляции в сторону Нурекского водохранилища от 14 ± 5 мм до 42 ± 8 мм. Вероятнее всего, горизонтальные смещения обусловлены сближением берегов в связи с увеличением объема воды в водохранилище между первым и повторным измерениями на $3,2$ млрд.м³.

Повторной триангуляцией I класса, проложенной в районе Рогуна-Гарма в 1975-1976 гг., в сравнении с триангуляцией II класса 1966-1968 гг., выявлены горизонтальные смеще-

ния пунктов, расположенных на стороне хребтов Вахшского и Петра Первого, в западном и северо-западном направлениях от 21 ± 7 см до 68 ± 15 см.

Б. Рангелов (София, НРБ)

ОСТАТОЧНЫЕ ДЕФОРМАЦИИ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕКОТОРЫХ НОВЫХ ПАРАМЕТРОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ 1928 ГОДА В ПЛОВДИВСКОМ РАЙОНЕ

Использованы данные повторных нивелирных измерений, сделанных после землетрясения в Пловдивском районе в 1928 г. На основе модели определен сброс напряжений вследствие самых сильных толчков, а также некоторые другие параметры очага.

Машинная интерпретация нивелирных измерений показывает комплексный характер движения по нескольким круто наклоненным поверхностям антитетического характера с преобладающей вертикальной составляющей.

Оценены также общая энергия разрывообразования и возможные ошибки оцениваемых параметров.

С. Риад^X), Х. Мустафа^{XX}), Х. Хосни^{XXX}) (^XАснат, Египет;
^{XX}Ирбид, Иордания; ^{XXX}Каир, Египет)

СОВРЕМЕННАЯ СЕЙСМИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ И НЕОТЕКТОНИКА РАЙОНА РИФТА МЕРТВОГО МОРЯ (ИОРДАНИЯ)

Данные недавно созданной Иорданской сейсмологической обсерватории представляют важный источник в изучении сейсмической активности в районе Мертвого моря, особенно событий с небольшой магнитудой, которая может иметь прямое отношение к современной тектонической активности в этом районе. За период 12.1983 г. - 09.1986 г. было зарегистрировано 1488 землетрясений с магнитудой $M=1,4-5,1$. График повторяемости землетрясений построен по формуле $\log (N / \text{год}) = 6,85 - 1,375 M_L$. Полученное уравнение, по-видимому, хорошо подходит для исторических землетрясений в изучаемом районе. Географическое распределение землетрясений показывает в большинстве случаев прямое отношение к разломам, выявленным геологическими методами.

Сейсмическая активность прослеживается, главным образом, вдоль северо-западного разлома в южной части района, в то время как в центральной и северной частях - вдоль северо-восточного и широтного разломов. Отмечено также, что сейсмическая активность не одинакова во времени для всего района и отдельных участков. Это связывается с локальными литологическими неоднородностями и различными типами разломов в разных частях района.

Относительно низкая сейсмическая активность, отмеченная в западной части рифта Мертвого моря, вероятно вызвана основными различиями в структуре коры по обоим сторонам рифта. Наиболее вероятно, что обе стороны рифта принадлежат к разным плитам, Синайской и Арабской, с различной неотектонической активностью.

М.В.Родкин (Москва, СССР)

К ВОПРОСУ ОБ ЭКЗОГЕННОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ СЕЙСМО-ДЕФОРМАЦИОННОГО ПРОЦЕССА

В настоящее время общепризнано влияние изменяющейся водной нагрузки крупных водохранилищ на сейсмичность и деформационное состояние земной коры. Происходящие при этом изменения сейсма-деформационного режима связываются с возмущениями напряженного состояния горных пород и с изменениями давления в подземной гидросфере. Аналогичные по своей физической природе воздействия на земную кору имеют место и в других случаях. В настоящей статье обсуждаются некоторые свидетельства изменения сейсμο-деформационного режима земной коры под воздействием долгопериодных возмущений гидрологической обстановки и сезонных изменений снежно-ледовой нагрузки и обводненности.

На примере Европейской части СССР рассматривается связь поля современных вертикальных движений земной поверхности с изменениями запасов воды в подземной гидросфере. Отмечается определенная корреляция вертикальных движений с изменениями запасов подземных вод и с параметрами, косвенно связанными с этими изменениями. В качестве другого примера возможной связи длиннопериодных изменений гидрогеологического режима и сейсμο-деформационного процесса рассмат-

ривается связь изменений уровня Каспия с сейсмическим режимом окружающих территорий.

Для анализа влияния сезонных изменений обводненности и снежно-ледовой нагрузки рассматривалась сейсмичность областей горного оледенения и районов с резким сезонным ходом количества осадков. Выявлены сезонные вариации уровня сейсмичности, величина которых коррелирует с годовой нормой осадков.

Анализируются полученные результаты.

А. Руссо (Бордо, Франция)

НОВАЯ ГЕОДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ СЕЙСМИЧНОСТИ И НАПРЯЖЕНИЙ IN SITU СРЕДИЗЕМНОМОРСКОГО РЕГИОНА

Геофизические данные, такие как внутренние напряжения, глубина очагов землетрясений и теория тектоники плит Средиземноморского региона противоречивы.

Предложена новая модель, полученная из характера выделенной сейсмической энергии в районе, в соотношении с природой и распределением напряжений *in situ* с целью объяснения всех данных, известных в настоящее время. Постоянное количество энергии выделяется внутри окружности радиусом 1375 км с центром в Эгейском море. Модель основана на гипотезе, что напряжения являются следствием воздействия на литосферу вращательного движения и подъема вверх магматического материала по периферии вертикального цилиндра; этот материал затем опускается по осевой части цилиндра снова вниз, что может рассматриваться как конвективное движение.

В некоторых районах, например, итальянские и турецкие вулканы, магматический материал выходит на поверхность.

Форма астрономического и гравиметрического геоидов дает возможность вычислить деформации и значения сил (около 10^{15} Н для базиса длиной 21 метр). Расчеты напряжений по формулам, используемым в строительстве, согласуются с напряжениями *in situ* в районах Греции, Западной Германии и Франции.

Новые результаты определения напряжений *in situ* в Сицилии не противоречат модели, а скорее подтверждают ее.

Согласуются с моделью и другие геофизические данные:

соответствие между положением источников напряжений и приповерхностными землетрясениями, более низкие чем обычно скорости сейсмических волн под Эгейским морем и Румынией, постепенное уменьшение и даже отсутствие S-волн в Южной Италии, максимальные значения силы тяжести в аномалиях Буче в Критском, Ионическом и Тирренском морях, т.е. там, где поднимающийся вверх магматический материал более плотный: чем земная кора; градиент теплового потока положителен между Баренцовым морем и Альпами.

Измерения современных вертикальных движений земной коры выявили уменьшение скоростей от Швейцарии (1,7 мм/год) к Французским Альпам (от 1,0 до 1,5 мм/год) и Пиренеями (0,7 мм/год).

Изменения широт и долгот позволяют выявить современные горизонтальные движения, которые улучшают модель и выделяют положение разломов.

Таким образом, легко объясняется последнее Армянское землетрясение (декабрь 1988 г.), которое проявилось в перемещении земной поверхности вверх по вертикальному разлому северо-запад-юго-восточного направления.

Все это позволяет подойти к прогнозу землетрясений с иной точки зрения.

М.О.Рыжкова

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ СЕЙСМОТЕКТОНИКИ УЗБЕКИСТАНА

На основании комплексного анализа и сопоставления корреляционных зависимостей между геологическими, геофизическими, макросейсмическими, в том числе величинами затухания балльности 28 сильных ($J_c \geq 6$, $M \geq 5$) исторических и произошедших в наши дни землетрясений, делаются выводы о сейсмотектонических особенностях Ферганской межгорной, Приташкентской предгорной впадин и части Чаткало-Кураминской системы структур.

Всего в анализе участвовало 1432 расчетных значения величин затухания балльности, полученных для пунктов-баллов, расположенных на различных гипоцентральных расстояниях от эпицентров землетрясений территории исследования, характеризующихся различными глубинами очагов и интенсив-

ностью проявления в эпицентре, а также различными геолого-геофизическими и тектоническими характеристиками сред прохождения сейсмических волн. В пределах выделенных зон осреднения были рассчитаны фоновые значения величин затухания балльности.

В результате сопоставления составленных карт и построенных графиков затухания балльности стало возможным в пределах рассматриваемой территории:

а) выделить активные участки разломов, потенциально способных генерировать очаги сильных землетрясений;

б) обосновать выделение тектонически активных блоков земной коры, дифференцировать их по рангам, выявить присущую им цикличность миграции очагов землетрясений;

в) подтвердить тезис о том, что различные с точки зрения геологотектонического строения, истории геологического развития, инженерно-геологических и др. характеристик районы, характеризуются различными значениями затухания балльности.

Полученные результаты позволяют моделировать сейсмические процессы, давать долгосрочные прогнозы места и силы землетрясений.

А.А.Саакян, Г.В.Саргсян, Г.А.Попандопуло, Р.В.Амирбекян
(Ленинакан, СССР)

ИЗУЧЕНИЕ СКОРОСТНОГО СТРОЕНИЯ СЕВЕРНОЙ АРМЕНИИ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ ОБ АФТЕРШОКАХ СПИТАКСКОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ

Для анализа использованы данные более тысячи землетрясений афтершоковой последовательности, зарегистрированных региональной сетью сейсмологических наблюдений Кавказа и, главным образом, временных сетей сейсмических станций, установленных американской и французской сейсмологическими экспедициями.

На первом этапе исследования построено поле невязок первых вступлений Р-волны для различных интервалов глубины. Усредненное поле невязок используется для локального уточнения Осредненного Регионального Годографа Армянского Нагорья, полученного А.А.Саакяном и полученной на его основе горизонтально-слоистой модели.

Кроме того, получен вертикальный скоростной разрез верхней части земной коры в эпицентральной области, на основе использования метода одновременного определения координат гипоцентров землетрясений и скоростей сейсмических волн.

Проведен сравнительный анализ полученных результатов.

Получены величины станционных задержек, что позволит с большей точностью определять гипоцентры землетрясений по данным стационарной сети наблюдений.

А.И.Савич, М.М.Ильин, В.А.Якубов (Москва, СССР)

ГЕОФИЗИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ЗА ДЕФОРМАЦИОННЫМИ ПРОЦЕССАМИ В СКАЛЬНЫХ ОСНОВАНИЯХ КРУПНЫХ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

По мере развития гидроэнергетического строительства становится очевидным, что техногенные воздействия нарушают естественное равновесие природных процессов и могут провоцировать опасные деформационные явления: землетрясения, оползни, вывалы и т.д. Объясняется это тем, что такие техногенные факторы, как проходка горных выработок, возведение плотин или заполнение водохранилища изменяют на соответствующем масштабном уровне напряженно-деформационное состояние поверхностных частей земной коры. Кроме того, обводнение массива при заполнении водохранилища, а также периодические колебания его уровня в ходе эксплуатации сооружения изменяют гидрогеологический режим, снижают устойчивость склонов, активизируют рост трещин или карстообразование. Процессы эти в скальных массивах пока еще мало изучены. Однако ясно, что строительство и эксплуатация высотных плотин и глубоководных водохранилищ требует тщательного наблюдения за изменением свойств и состояния скальных оснований различными методами.

Примером такого контроля являются комплексные натурные наблюдения в период строительства и эксплуатации высотной арочной плотины Ингури ГЭС, находящейся в западной части Грузинской ССР. Постановка подобных работ здесь обусловлена как уникальностью сооружения, так и сложностью инженерно-геологических условий на участке плотины.

Значительное место в общем комплексе натуральных наблюдений за деформационными процессами в основании Ингурской плотины занимают различные геофизические методы. С помощью этих методов изучаются временные изменения параметров различных геофизических полей, вызванные строительством и эксплуатацией гидроузла.

В отличие от общепринятых традиционных натуральных геодезических и геотехнических методов, изучающих приповерхностные масти массива в отдельных точках, геофизические методы дают информацию о динамике разномасштабных деформационных процессов и во внутренних частях массива, где часто происходит подготовка и развитие опасных для сооружений деформационных явлений.

В институте "Гидропроект" накоплен большой экспериментальный материал по долговременным геофизическим наблюдениям, которые проводятся в районе Ингури ГЭС с 1973 г.

Использование современных математических методов хранения и обработки многомерных геофизических временных рядов позволило установить устойчивые корреляционные связи геофизических параметров с уровнем воды в водохранилище, выявить существенные нелинейные процессы, происходящие в скальном массиве, на разных масштабных уровнях, сформулировать критерии безопасной эксплуатации арочной плотины и ее основания.

К.Р.Третьяк (Львов, СССР)

ГЕОДЕЗИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭНДОГЕННЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ (НА ПРИМЕРЕ ТЕРЕБЛЯ-РИКСКОГО ГИДРОУЗЛА, УКРАИНСКИЕ КАРПАТЫ)

Территория Теребля-Рикского гидроузла является естественным полигоном для изучения антропогенных влияний на эндогенные процессы. Гидроузел находится в районе Закарпатского глубинного разлома, являющегося основной сейсмоактивной зоной Украинских Карпат. Территория гидроузла охватывает сеть малоизученных второстепенных разломов, один из которых рассекает зону непосредственного расположения инженерных сооружений. Активность этого разлома в голоценовый период привела к смещению двух геологических структур, ко-

торое в современную эпоху составляет по высоте ≈ 200 м. Такое смещение гидрологических уровней являлось основной причиной строительства Теребля-Рикской ГЭС, которая состоит из Тереблянского водохранилища, соединенного с ГЭС деривационным тоннелем (≈ 6 км) и напорным трубопроводом (≈ 200 м), расположенным на склоне ($\approx 35^\circ$) реки Рика.

Создаваемый геодезический мониторинг состоит из специальной пространственной геодезической сети, предназначенной для исследований деформаций напорного трубопровода, наклономерных станций в обоих геологических структурах, гидростатической системы для изучения активности разлома и деформаций деривационного тоннеля, линии высокоточного нивелирования вокруг водохранилища, сети магнитометрических и гравиметрических пунктов и гидрогеологических постов.

Искусственно создаваемые в технических целях изменения уровня воды в водохранилище, а иногда и полное его понижение позволяют комплексно изучать влияние гидрологического фактора на эндогенные процессы, поверхностно проявляющиеся деформационными напряжениями и изменениями магнитного и гравитационного полей.

М.Н.Смирнова, С.С.Сианисян, В.М.Мурахин, В.М.Бражник
(Грозный, СССР)

ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ И ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ В ЭПИЦЕНТРАЛЬНЫХ ЗОНАХ СИЛЬНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ТЕРСКО-КАСПИЙСКОГО ПРОГИБА

Центральная часть Терско-Каспийского прогиба характеризуется повышенной сейсмической активностью. Об этом свидетельствуют достаточно частые землетрясения, магнитуда которых превышала 4,5. Нами изучались особенности современной геодинамики эпицентральных областей некоторых из них (Старогрозненского 1971 года, $M=4,3$; $H=2,0$ км; $J_0=7$ баллов; Черногорского 1976 года, $M=6,3$; $H=30$ км; $J_0=8$ баллов; Червленского 1964 года, $M=4,3$; $H=3-7$ км; $J_0=6-7$ баллов) по комплексу геодезических и геофизических наблюдений. Оценивались величины современных вертикальных движений земной поверхности, анализировались данные повторных и стационарных гравиметрических и магнитометрических наблюдений, ре-

ультаты гелиевой съемки.

Для Черногорского и Старогрозненского землетрясений удалось уточнить местоположение их эпицентров, приуроченных, вероятно, к зонам интенсивных знакопеременных (до $\pm 10 \pm 15$ мм/год) современных движений. Для Черногорского землетрясения с этой же зоной совпадают в плане аномалии гравитационного и магнитного полей концентрической формы, отождествляемые с кольцевой структурой. Изменения гравитационного поля, возможно связанные со Старогрозненским землетрясением 1976 года, достигали по результатам инструментальных наблюдений 0,5 мГл. Приразломная зона, вдоль которой происходила миграция афтершоков Червленского 1964 года землетрясения, характеризуется интенсивной геохимической активностью (содержание гелия в водах здесь составляет $140 \cdot 10^{-5}$ мл/л). Проведенные наблюдения свидетельствуют о приуроченности эпицентральных зон к участкам с аномальными параметрами современной геодинамики, к местам наибольшего тектонического напряжения в толще земной коры и верхней мантии.

Г.А.Соболев (Москва, СССР)

ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕФОРМАЦИОННЫХ И СЕЙСМИЧЕСКИХ ПРЕДВЕСТНИКОВ РАЗРУШЕНИЯ НА МОДЕЛЯХ

Проанализированы результаты экспериментов, выполненных на образцах различных горных пород и модельных материалов разного размера в условиях сложного напряженного состояния. Исследованы два основных типа механической неустойчивости, вследствие образования новых разрывов и при динамическом распространении существующих разрывов.

Основные свойства деформационных и сейсмических предвестников при подготовке механической неустойчивости первого типа заключаются в появлении в процессе деформирования областей разной жесткости, предопределяющих усиление контраста в скоростях упругих волн; возникновение миграции локальной деформации от очага и к очагу будущего макроразрыва; появление трех основных стадий сейсмической активности — активизации, затишья и вторичной форшоковой активизации. Неоднородность поля деформации приводит к мозаичному проявлению и миграции других физических параметров горных пород,

идентифицируемых как вредвестники неустойчивости.

При исследовании неустойчивости второго типа обнаружены существенные различия для моделей гладкого и грубо шероховатого разрыва. Второй случай, включающий также природные разрывы, характеризуется форшоками, совпадающими с началом ускоряющегося крипа перед динамической неустойчивостью, в то время как гладкий разрыв обнаруживает крип без сейсмических форшоков.

Сопоставление результатов модельных работ с полевыми данными позволяет найти аналогию для некоторых типов землетрясений. Результаты также могут быть использованы для совершенствования методики прогностических работ.

О.В.Соболева, В.И.Старков, Э.А.Старкова (Душанбе, СССР)
РАЗНОМАСШТАБНЫЕ ДЕФОРМАЦИИ ЗЕМНОЙ КОРЫ В ЦЕНТРАЛЬНОМ
ТАДЖИКИСТАНЕ

Для выяснения степени сходства разномасштабных деформаций земной коры проведено сравнение значений и знаков горизонтальных компонент деформаций, наблюдаемых с помощью кварцевых деформографов пятью станциями, расположенными в пределах Гиссарской долины и ее горного обрамления, и сейсмотектонических деформаций, рассчитанных по данным о механизмах рчагов землетрясений для участков $30 \times 30 \text{ км}^2$ вокруг каждой наклономерно-деформографической станции. Интервалы наблюдений тех и других деформаций были одинаковыми и составляли для разных станций от четырех до сорока лет.

Во всех случаях, кроме одного, знаки компонент (С-Ю и В-З) деформаций приповерхностного слоя совпадали со знаками компонент сейсмотектонических деформаций. Интенсивность последних на два-три порядка меньше соответствующих значений деформаций в приповерхностном слое. На одном участке наблюдалось синхронное временное изменение знаков разномасштабных деформаций.

Сделаны следующие выводы:

- Деформации различных масштабных уровней отражают региональные тектонические процессы.
- Характер деформаций приповерхностного и более глубо-

ких слоев земной коры указывает на существование субширот-но ориентированной тектонической границы, разделяющей по-разному деформированные области и проходящей вблизи южного борта Гиссарской долины.

В.И.Сомов (Львов, СССР)

ВОЗМОЖНОСТИ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПРИ ИЗУЧЕНИИ СЕЙСМОГЕН-НЫХ СТРУКТУР КАРПАТО-БАЛКАНО-ДИНАРСКОГО РЕГИОНА

Региональные исследования по взаимосвязи новейших и современных вертикальных движений с сейсмичностью Карпато-Балкано-Динарского региона выполнены с использованием тренд-анализа. В качестве макросейсмического параметра выбрана плотность потока сейсмогенных дислокаций, отражающая число сейсмических разрывов, нормированных по площади.

Изучены структурно-геометрические закономерности современных разломных зон региона, которые контролируют распределение глубины основания земной коры и интенсивность проявления современных тектонических процессов. Установлено подобие пространственного распределения неотектонических и современных движений, что подтверждает их преемственность и свидетельствует о продолжающемся развитии геоструктурных элементов региона.

Сейсмогенные структуры приурочены к унаследованным зонам дифференциации новейших и современных вертикальных движений земной коры. Максимумы плотности потока сейсмогенных дислокаций (Вардарская зона, Центральная Сербия, Вранча, Советское Закарпатье) сосредоточены в узлах пересечения трансрегиональных значений локальных составляющих тектонических движений диагонального и ортогонального направлений.

Хорошее согласие результатов тектонофизического анализа современных горизонтальных движений земной коры с данными экспериментальных исследований полей напряжений региона свидетельствует о том, что повторными геодезическими измерениями зафиксированы проявления современного напряженного состояния земной коры, следствием которых являются происходящие землетрясения.

С. Стирос (Афины, Греция)

МЕХАНИЗМЫ ДЕФОРМИРОВАНИЯ В ЗОНАХ РАЗЛОМОВ ПРИ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯХ: СЕЙСМОЛОГИЧЕСКИЙ И ГЕОДЕЗИЧЕСКИЙ АСПЕКТЫ (СТРУКТУРНЫЙ ПОДХОД)

Хотя принято считать, что механизмы образования разрывов в очаге адекватно описывают процесс разломообразования, имеются случаи сейсмической деформации в сильнодеформированных континентальных областях, где существуют серьезные расхождения между характеристиками разломов, полученными по сейсмологическим и геодезическим данным, и характером сейсмогенных разломов. Некоторые из них рассмотрены ниже.

Землетрясение 1981 г. в Фессалоники (Северная Греция) $M_s = 6,4$. Эпицентральная зона землетрясения 1978 г. в Фессалоники (Центральная Греция, $M_s = 6,4$) идентифицируется как четвертичный грабен, образовавшийся в результате смещения по простиранию (или под углом к нему) разломов северо-западного простирания и разломов второго порядка субширотного и восток-северо-восточного простирания.

Для сейсмогенных разломов, простирающихся примерно на 15 км и отражающих реактивацию четвертичных разломов, доминирующим является северо-западное направление.

Таким образом, кажется, что разломообразование, обусловленное сейсмичностью, как бы копирует медленные движения, однако механизм очага главного толчка выявляет образование разломов субширотного простирания.

Смещение на 25 см по линии нивелирования, секущей один из краевых разломов грабена может, вероятно, указывать на дополнительное разломообразование, не проявившееся на поверхности. Такая интерпретация согласуется с размерами разрыва, выведенными по сейсмологическим данным, и может свидетельствовать о том, что при сейсмических событиях 1978 года были реактивированы разломы северо-западного, а не только субширотного простирания (что подтверждают данные по мезанизму очага главного толчка и формы длиннопериодных волн).

Последовательность сейсмических событий в Коринфском заливе (Центральная Греция), 1981 год. Две системы сейсмогенных разломов, левосторонние, подставляющие один другого, восток-северо-восточного простирания, длиной около 15 км

каждый и оконтуривающие сейсмогенный грабен ромбовидной формы, образовались при землетрясениях 1981 года в Коринфском заливе ($M_s = 6,7; 6,5; 6,5$). Эти разломы отразили селективную реактивацию частей разломов неотектонического возраста, свидетельствуя таким образом о расширении в направлении близком к северо-восточному с правосторонним сдвигом, что согласуется с интерпретацией по геодезическим данным.

Механизм очага главного толчка, однако, свидетельствует о сдвиговом разломообразовании запад-северо-западного простирания с небольшой левосторонней компонентой. Объясняется это, вопреки тому, что наблюдаемое разломообразование является вторичным, а главный разлом сформировался в пределах дальней прибрежной зоны вдоль батиметрического уступа критического простирания. Цунами, которое, как предполагается, было генерировано этим разломом, должно было бы подтвердить эту интерпретацию. Однако, никакого цунами во время землетрясения не наблюдалось, о чем свидетельствуют записи на близрасположенной уровневой станции. Поэтому гипотеза о разломе в открытом море должна быть отброшена. Таким образом, механизм очага не согласуется ни с наблюдаемым характером сейсмического разломообразования, ни с геодезическими данными.

Землетрясение Кампанья-Басилината (Центральная Италия) 1980 г., $M_s = 6,9$. Землетрясение Кампанья-Басилината 1980 года ассоциирует с образованием нормального разлома северо-западного простирания и с небольшой сдвиговой компонентой согласно с данными о механизме очага и сейсмическом вспарывании. Однако ступенчатое смещение, выявляемое по результатам нивелирования и записям сильных смещений, может свидетельствовать о том, что через 40 секунд произошло образование дополнительного разлома юго-восточного простирания, т.е. сейсмическая последовательность была связана с двумя ортогональными разломами, что отражает необычный характер образования разлома, который не может быть описан механизмом очага.

Дискуссия.

Общие характеристики вышеуказанные сейсмических событий таковы:

1. Усложненная форма длиннопериодных волн.

2. Медленное высвобождение энергии, указывающее на многократность сейсмических событий.

3. Реактивация нескольких отрезков разлома различного простирания и знака движения в процессе реализации главной деформации сдвига.

4. Верхняя часть земной коры недостаточно хрупкая для того, чтобы образовавшиеся на глубине разрывы проявились на земной поверхности и это является доказательством наличия сейсмического вспаривания в двух различных направлениях.

Это может указывать на то, что процесс разрывообразования активизирует не менее двух разломов на глубине с различной ориентацией и механизмами.

Такой процесс не может быть однозначно и удовлетворительно смоделирован только с помощью методов изучения механизмов очага и последовательного анализа длиннопериодных объемных волн. Т.о. основываясь на гипотезе приуроченности субсобытий к разломам аналогичного простирания и в случае совпадения сейсмических и геодезических данных, структурный подход к изучению механизма очага оказывается более приемлемым.

Е.И.Суетнова (Москва, СССР)

СЕЙСМИЧНОСТЬ РИФТОВЫХ ЗОН МИРОВОГО ОКЕАНА И ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА СПРЕДИНГА

Анализом сейсмичности рифтовых зон мирового океана установлено, что сейсмический момент M_0 и глубина очага увеличиваются с уменьшением скорости спрединга. Особенно четко эта зависимость проявляется при анализе землетрясений, приуроченных к трансформным разломам (Lilwall R.C., 1982). Так как интегральные градиенты скоростей движений для быстро разрастающихся хребтов больше, чем для медленно раздвигающихся, то естественным представляется искать причину различия характера сейсмичности в особенностях теплового режима. Анализ данных теплового потока и гидротермальной циркуляции для одновозрастной литосферы (0-4 млн. лет) приводит к выводу, что тепловой режим литосферы срединно-океанических хребтов различен при различных скоростях спрединга, и не является функцией только возраста литосферы

($\tilde{q} \sim \sqrt{t}$). Моделирование теплового режима показывает, что толщина "холодного" слоя литосферы возраста 0-4 млн. лет больше для медленных хребтов, чем для "быстрых" (8-10 км и 2-4 км, соответственно). Таким образом различия в характере сейсмичности для хребтов с различной скоростью спрединга по-видимому связаны с различной глубиной хрупкопластического перехода в молдой литосфере.

При детальном исследовании сегментов хребтов с различной скоростью спрединга (драгирование и наблюдения со спускаемых аппаратов) выявились также различия в частоте и продолжительности эруптивных циклов, так что в целом процесс спрединга для "быстрых" хребтов можно считать более равномерным по времени и по пространству, чем для "медленных".

Представляется очень важным для дальнейшего изучения процесса наращивания океанской литосферы проведение высокоточных режимных наблюдений слабых землетрясений в участках гребней хребтов с различной скоростью спрединга, а также на трансформных разломах.

В.С.Тимеркаев^{х)}, Т.В.Гусева^{хх)}, Ю.П.Сковородкин^{хх)}
(^хДушанбе, ^{хх}Москва, СССР)

КОНЦЕПЦИЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ В ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ СРЕДЕ И ПОИСК ИХ ВРЕМЕННЫХ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ

Проводимая нами работа по математическому моделированию сейсмотектонических и тектонофизических процессов по данным многолетних наблюдений за вертикальными движениями земной коры и по изменениям других геофизических полей на Гармском геодинамическом полигоне показала реальную возможность построения моделей с учетом корректности и адекватности.

Если зафиксировать данные геофизических полей как некоторые карты $\{(u_\alpha, h_\alpha)\}$, $\alpha = \overline{1, n}$, где u - подмножество в произвольном множестве X или совокупность характеристик геофизического поля, а h - отображение подмножества u в R^n , объективно отображающее u на некоторое открытое множество R^n . Пусть на одной или нескольких картах $\{(u_\alpha, h_\alpha)\}$ фиксируется воздействие сложной систе-

мы "источник возмущения - луч - приемник", причем регистрируемые трассы на картах являются проявлениями сейсмотектонических или тектонофизических процессов. Если возмущение определенной природы происходит в пределах рассматриваемой карты, то можно на основании вычисления нелинейного аппроксимирующего полинома установить логические связи между локальными вариациями, полученными по режимным наблюдениям. Как показывает опыт нашей работы, эти связи соответствуют функциям алгебры логики и вполне адекватно отражают процесс порождения кластеров от возмущений определенной природы.

Ставя в соответствие каждой функции алгебры логики характеристики сейсмического события, например, глубину, энергию, размер очага, строим направленную семантическую сеть. Аналогичные сценарии проигрываются и по данным других геофизических полей. Тогда процедура определения корректности строится на множестве корректирующих операторов или множестве возможных оценок для каждого геофизического поля. Адекватность устанавливается путем сопоставления сценариев для каждого геофизического поля.

А.В.Тихомиров (Алма-Ата, СССР)

РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ ДЕФОРМАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ НА АЛМА-АТИНСКОМ ПОЛИГОНЕ КВАРЦЕВЫМИ ДЕФОРМОГРАФАМИ

На Алма-Атинском прогностическом полигоне проводятся непрерывные наблюдения за деформациями земной коры кварцевыми деформографами.

Полигон оснащен деформационными станциями: Тургенъ, Курты, Медео. Измерение деформаций осуществляется двумя близко расположенными деформографами в каждом из измеряемых направлений, что позволяет оценить полученный материал с высокой точностью.

Приборы установлены в подземных выработках (штольнях), где суточные температурные изменения не превышают $0,01^{\circ}\text{C}$. Чувствительность аппаратуры к деформациям оценивается величиной $(3+5) \cdot 10^{-9}$.

Результаты измерений, полученные за 10-летний период наблюдений, показывают, что тремя деформационными станциями Алма-Атинского полигона регистрируется монотонное расши-

рение породы. При это скорости деформирования среды, регистрируемые каждой деформационной станцией, имеют по величине один порядок (10^{-7} I/месяц). Этот результат подтверждается геодезическими данными.

Проведен анализ связи измеряемых деформаций с сейсмическими событиями. Показано, что большие изменения деформаций наблюдаются плечами деформографов, ориентированных на эпицентр землетрясения под углом $15-20^\circ$ к сейсмическим событиям энергетического класса $K \geq I_2$ на эпицентральном расстоянии до 150 км.

М.Н.Токсоз^х), М.Б.Орал^х), К.Е.Касапоглу^{хх}) (^хКембридж, США; ^{хх}Анкара, Турция)

МОДЕЛЬ ДЕФОРМИРОВАНИЯ ДЛЯ ВОСТОЧНОГО СРЕДИЗЕМНОМОРЬЯ И КАВКАЗА В ЗОНЕ КОНТАКТА АРАБСКОЙ И ЕВРОАЗИАТСКОЙ ПЛИТ

Конвергенция Арабской и Евразийской плит вызывает серьезные тектонические деформации в восточном Средиземноморье и окружающих районах. Тектонические деформации включают латеральную (восток-запад) миграцию блоков, ограниченных сопряженными системами сдвигов и утолщение земной коры за счет надвигания и внутренних деформаций.

Эти тектонические деформации изучены с помощью моделирования методом конечных элементов для двухслойной упругой среды. Гравитационные силы, обусловленные разницей высот, рассматриваются как силы, приложенные к телу. При вычислении принимаются во внимание как движения по поперечным разломам, так и конвергентные движения. Дискретный подход в случае поперечных границ предусматривает использование коэффициента разрушения Колумба путем включения эквивалентных нодальных точечных сил, в качестве неизвестных параметров вместе с нодальными смещениями. Это приводит к соприкосновению движущихся плит на контакте. Конвергенция в этом районе рассматривается как диссипация смещения в пределах района в зависимости от граничных условий. Это достигается введением двухточечных дифференциальных смещений с рекурсивным решением. Модели, предусматривающие граничные смещения, и зоны максимальных деформаций (т.е. зоны разломов) определены на основе относительных движений плит и на осно-

ве геологических данных соответственно.

Для определения ориентации главных напряжений и для ограничения моделей используются данные о механизме очагов. Не будучи единственными кинематические модели, получаемые методом конечных элементов, полезны, поскольку они определяют характер деформаций для сходных моделей и позволяют выделить районы, где применение глобальных навигационных систем является решающим.

И.Н.Тотоманов (София, НРБ)

ПРИМЕНЕНИЕ НЕОТЕКТОНИЧЕСКИХ И СОВРЕМЕННЫХ ДВИЖЕНИЙ ЗЕМНОЙ КОРЫ ДЛЯ ПРОГНОЗА ВОЗМОЖНЫХ ОЧАГОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ В ЮГО-ЗАПАДНОЙ БОЛГАРИИ

В современных методах оценки сейсмической опасности для целей сейсмического строительства существенная роль отводится концепции о пространственном распределении максимальной магнитуды у возможных очагов тектонических землетрясений. Для оценки Y , вместе с чисто сейсмологической информацией, применяют и комплекс другой общей геофизической, геолого-геоморфологической, геодезической, дистанционно-космической и т.д. информации. Одной из важнейших проблем сейсмического районирования является определение адекватной математической модели, прогнозирующей функции $Y = Y(X_1, X_2, \dots, X_n)$ и реальной весовой градации различных компонент выходной информации.

Эти и другие методические и ряд конкретных прикладных аспектов проблемы определения Y с помощью геолого-геоморфологических данных X_1 для неотектонических и геодезических данных X_2 для современных вертикальных движений земной коры рассмотрены применительно к одной из наиболее активных областей проявления землетрясений в Юго-Восточной Европе: Рило-Родопскому сейсмическому району Болгарии.

Определены эмпирические дифференциальные функции распределения двумерных случайных величин (X_1, Y) и (X_2, Y) и оценены их параметры. Исследована и сравнена связь Y с двумя типами выходной информации, при помощи нового хи-квадрат теста (см. Висша геодезия, №11, 1985, с.34-42) и энтропийного теста (см. Доклады Болгарской Академии наук, т.41,

№ 7, 1988, с.47-49; Journal of Geodynamics, vol. 10, 1988, pp.221-231) независимости. Сделаны выводы и даны рекомендации.

И.Н.Тотоманов, Н.И.Георгиев, П.С.Раев, П.Тучев (София,НРБ)
СТРУКТУРНАЯ И КИНЕМАТИЧЕСКАЯ ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ ЗЕМНОЙ КОРЫ
СОФИЙСКОГО СЕЙСМОПРОГНОСТИЧЕСКОГО ПОЛИГОНА ПО ДАННЫМ
ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

В 1982 г., по инициативе Центральной лаборатории высшей геодезии, группа института Болгарской академии наук и Государственной геодезической службы разработала проект сейсмопрогностического геодинамического полигона в Среднегорском сейсмическом районе Центральной Болгарии. Активность Софийской зоны подтверждена как историческими и современными данными о сильных землетрясениях (до IX степени по шкале МСК-64) в 17-19 и в начале 20 веков, так и инструментальными исследованиями слабых локальных событий. Район является грабеном внутриконтинентальной рифтовой зоны с непостоянным тектоническим развитием, главным образом, в течение и после верхнемелового периода и является тектоническим и морфо-структурным узлом пересечения глубинных разломов I порядка: Кюстендилского и Искырской дислокации.

В соответствии с разработанной программой проводятся регулярные высокоточные геодезические измерения для определения современных вертикальных и горизонтальных движений земной коры на территории полигона. Обработка данных I-III циклов (1983-1985 гг.) нивелирных измерений, полученные результаты и их интерпретация опубликованы в журналах *Geologica Balcanica*, vol. 17, No. 2, 1987, pp. 3-14, *Journal of Geodynamics*, vol. 8, 1987, pp. 365-373, vol 9, 1988, pp. 295-296.

В настоящей работе продолжены, в связи с предыдущими, обработка и интерпретация данных IV и V циклов (1986-1987 гг.) нивелирных измерений. Сделано систематическое применение ранее предложенной эффективной математико-статистической методики для проверки временной стабильности геодинамических процессов при наличии многократных геодезических измерений. С этой целью определены и сравнены между собой

эмпирические функции распределения латеральной проекции на нивелирные линии, горизонтального градиента скорости современных вертикальных движений. Созданы карты и приведены новые данные о современной глубинной структурной и кинематической дифференциации земной коры на территории полигона.

Ю.А.Трапезников^х), В.В.Медведев^х), В.А.Белокопытов^х),
Ю.О.Кузьмин^{хх}), В.Н.Лебедев^{хх}) (^хМосква, ^{хх}Ашхабад, СССР)

ГЕОДЕЗИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ЗЕМНОЙ КОРЫ МЕТОДОМ СВЕТОДАЛЬНО- МЕТРИИ В СРЕДНЕЙ АЗИИ И КАЗАХСТАНЕ

Задачей геодезического мониторинга, выполняемого ОМЭЗ ИВТАН СССР, является изучение современных движений земной коры региона с последующим прогнозированием землетрясений. Для решения этой задачи созданы два полигона (Фрунзе и Андижан) и многочисленные геодезические площадки вдоль зоны Таласо-Ферганского глубинного разлома, вдоль Киргизского хребта Кунгей-Ала-Тоо. Кроме этого ведутся работы в сейсмичной области Казахского щита у озера Балхаш. Параллельно проводится мониторинг состояния земной коры электромагнитными методами, наклономерными измерениями и измерениями вариаций радона в почвенном воздухе.

Многолетние (с 1983 г.) измерения длин линий в разных районах региона, включая данные Института сейсмологии АН Туркменской ССР по Ашхабадскому полигону, выявили следующие особенности.

Существует цикличность в изменениях длин линий. Число значимых циклов в общем сложном колебательном процессе порядка 10. Более длинные периоды присущи более длинным линиям и амплитуда по абсолютной величине у них больше. Этот факт согласуется с тем, что у более крупного блока больше момент инерции.

Каждой линии соответствует свой предельный размах сложного колебательного процесса и его величина зависит от степени сейсмичности района.

Вариации перпендикулярных друг другу линий на Фрунзенском полигоне в целом хорошо коррелируют между собой, но в отдельные короткие отрезки времени знак корреляции меняется на обратный. Для объяснения этого факта нужно пред-

положить действие пары перпендикулярных сил в верхних слоях земной коры.

Сравнение вариаций двух субмеридиональных линий на Фрунзенском и Ашхабадском полигонах показало их хорошую обратную корреляцию ($-0,7$) при сдвиге в 45 дней. Максимум растяжения во Фрунзе через 1,5 месяца сопровождается максимумом сжатия в Ашхабаде. Таким образом появляется возможность объяснить общее сжатие поверхности в одном районе растяжением в другом.

Найдена определенная связь с местной сейсмичностью на территории Фрунзенского полигона. Так, перед шестибалльным землетрясением, происшедшим в зоне Шамсино-Тюндюкского разлома, линия, пересекающая этот разлом, укорачивалась в течение 1,5 лет. За два месяца до точки началось удлинение всех линий полигона. Аналогичное явление наблюдалось и за 10 дней до события в короткопериодной части вариаций. Линии удлинились и за один-два дня до землетрясения резко сократились.

Таким образом, при непрерывном мониторинге горизонтальных движений земной коры по линиям различных направлений появляется возможность средне- и краткосрочного прогноза землетрясений. Кроме того, результаты светодальномерного мониторинга в различных частях района могут выявить наиболее устойчивые площадки для строительства уникальных сооружений с оценкой степени устойчивости.

Э.М.Севергин (Воронеж, СССР)

РЕЗУЛЬТАТЫ ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ЭКЗОГЕННЫХ ПРОЦЕССОВ НА ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ПОЛИГОНАХ АТОМНЫХ СТАНЦИЙ

Одним из факторов повышения эффективности геодинамических исследований в районах строительства атомных станций (АС) является оперативное (2-3 года) проведение геодезических работ по изучению современных движений земной коры (СДЗК) с цикличностью повторных наблюдений 0,25 года. Повторное нивелирование сети геодинамического полигона (ГП), закрепленное спаренными глубинными и грунтовыми реперами, показало различное поведение в пространстве и во времени глубинных и грунтовых нивелирных знаков. Грунтовые ниве-

лирные знаки на отдельных участках получили сложно-дифференцированные вертикальные смещения. Амплитуда и скорости таких смещений изменялись на протяжении суток, 28 суток, 0,25 года и нерегулярные. Глубинные нивелирные знаки на III атомных станциях на протяжении 16 лет имели однонаправленные движения, характеризующиеся постоянством скоростей.

Приводятся результаты комплексного изучения причин вертикальных смещений нивелирных знаков, заложенных в рыхлые и связанные породы приповерхностных слоев земной коры, на основе которых делается вывод о современных движениях земной коры и современных движениях земной поверхности, а также дается характеристика современной тектонической обстановки в районах АС.

Л.И.Серебрякова (Москва, СССР)

АНАЛИЗ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ НА ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ПОЛИГОНАХ БАЙКАЛЬСКОЙ РИФТОВОЙ И ОЛЕКМО-СТАНОВОЙ СЕЙСМИЧЕСКИХ ЗОН

Высокая сейсмичность Байкальской рифтовой и продолжающей ее вдоль Байкало-Станового сейсмического пояса Олекмо-Становой зон - верный признак их непрекращающейся тектонической активности.

Это нашло отражение и в современных движениях, полученных по геодезическим данным на геодинамических полигонах ГУГК СССР. В них также проявились и рифтовые свойства поля тектонических напряжений этих зон - отчетливо выраженная закономерность в ориентировке осей главных напряжений, длительное действие горизонтальных растяжений, направленных перпендикулярно основным геологическим структурам.

На геодинамических полигонах (ГДП), "прослеживающих" рифтовую зону от южной ее оконечности (Тункинский ГДП) через центральную часть (Баргузинский ГДП), северо-восточное окончание (Удоканский и Кондинский полигоны) до перехода в Олекмо-Становую зону (Олекминский ГДП и далее к востоку Южно-Якутский), выполнено по 2-3 цикла плановых и высотных измерений.

Благодаря большим значениям скоростей движений для их определения оказались пригодными также данные триангуляции II и III классов 50-х и 60-х годов, а также нивелирования прош-

лх лет (работы на ГДП проводятся с 1975 года).

Совокупностью измерений выявлена не только высокая степень подвижности земной коры, сопровождающая сейсмические проявления, но и большая степень ее раздробленности. В горизонтальных деформациях преобладает по величине сдвиговая компонента; большая контрастность площадной компоненты проявляется в чередовании участков растяжения и сжатия, размеры этих участков находятся в пределах 5-10 км по диаметру.

В вертикальных деформациях также обращают на себя внимание знакопеременные по площади (соизмеримой по размерам с очагами горизонтальной деформации) и во времени движения. По полученным данным можно предположить, что в стадии подготовки землетрясения наблюдается воздымание впадин относительно горных сооружений, а в результате разрядки - обратные относительные движения.

В докладе рассмотрены отдельно деформации, получившиеся на каждом ГДП, в том числе и на Кондинском полигоне, расположенном на месте эпицентра катастрофического Муйского землетрясения 1957 г.

В.М.Сигалов, Н.В.Сидоркин (Алма-Ата, СССР)

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ СОВРЕМЕННОЙ ГЕОДИНАМИКИ В АЛМА-АТИНСКОМ СЕЙСМОАКТИВНОМ РЕГИОНЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ

Планомерные исследования современной геодинимики в Алма-Атинском сейсмоактивном регионе геодезическими методами ведутся с 1972 г. на специально созданных полигонах.

На каждом полигоне регулярно выполняются повторные линейно-гловые и нивелирные измерения.

За период исследований по сторонам Алма-Атинского полигона, пересекающим Алма-Атинский разлом, установлено горизонтальное сжатие земной поверхности со скоростью до 3 мм/год при положительной вертикальной составляющей деформации 4 мм/год. На Чонкеминском полигоне по сторонам, пересекающим Чилико-Кеминский разлом, эти значения соответственно составили - 1 мм/год и +4 мм/год, что указывает на их идентичность на двух полигонах, удаленных друг от друга на 50 км.

Вместе с тем, значения и направленность горизонтальных движений земной поверхности в разных периодах не однозначны: перед землетрясением происходит растяжение, а после его проявления наступает релаксация и снова сжатие. Связь вертикальных движений при каждом проявленном землетрясении также выражается в изменении их значения и направленности, что особенно подтверждает многократное нивелирование на эталонных профилях г.Алма-Аты.

Таким образом, на основе геодезических методов исследований в Алма-Атинском регионе достоверно зафиксированы и определены количественные характеристики пространственно-временных деформаций земной поверхности, отражающих сложные геодинамические процессы. Полученные данные подтверждают возможность использования проводимых исследований для определения сейсмической опасности и тектонической активности разломов на застроенных территориях в целях микросейсмораионирования.

В.А.Сидоров^{х)}, Ю.О.Кузьмин^{хх)} (^хМосква, ^{хх}Ашхабад, СССР)

СОВРЕМЕННАЯ ГЕОДИНАМИКА РАЗЛОМОВ И СОСТОЯНИЕ ТЕКТОНИЧЕСКОЙ И СЕЙСМИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ СРЕДЫ

Многократные повторные геодезические наблюдения, проведенные с повышенной пространственно-временной детальностью, выявили ряд новых принципиальных особенностей современной геодинамики разломов.

1. Аномальные движения земной поверхности в зонах разломов высокоградиентны ($10-20$ мм км⁻¹/год и более), короткопериодичны (порядка $10^{-1} + 10^1$ лет) и обладают пульсационной или знакопеременной направленностью.

2. Сравнительный анализ геодинамической активности разломных зон сейсмоактивных и слабосейсмических областей выявил более высокую интенсивность локальной компоненты движений в зонах разломов слабосейсмических областей по сравнению с сейсмоактивными.

3. Установлена ведущая роль процессов, протекающих внутри самих разломных зон, на формирование современной геодинамической активности геофизической среды и предложен механизм параметрического возбуждения геокинематических

проявлений среды в обстановке квазистатического регионального нагружения.

Отмеченные факты позволяют рассматривать деформационные процессы в разломных зонах как существенный диссипирующий фактор, который, с одной стороны, ответственен за отклонение от унаследованного характера деформирования (парадокс больших скоростей) земной коры от прошлых эпох, а с другой, регулирует соотношение между региональной геодинамикой и локальными проявлениями сейсмической активности.

В.А.Сидоров^{х)}, Б.Н.Гаипов^{хх)}, Ю.О.Кузьмин^{хх)} (^{х)}Москва, ^{хх)}Ашхабад, СССР)

СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ВАРИАЦИЙ СИЛЫ ТЯЖЕСТИ В ОСАДОЧНЫХ БАССЕЙНАХ СЕЙСМОАКТИВНЫХ И СЛАБОСЕЙСМИЧНЫХ ОБЛАСТЕЙ

Понимая под гравиметрическим мониторингом исследование пространственно-временной динамики гравитационного поля Земли в реальном масштабе времени, следует отметить, что к настоящему времени сформировались два основных методических подхода к постановке гравиметрического мониторинга. Первый - режимный, осуществляемый либо непрерывно (обсерваторным путем), либо дискретно с повышенной частотой опроса (от ежесуточных до еженедельных) за счет локальности системы гравиметрических наблюдений. Второй - профильный, при котором измерения осуществляются вдоль профилей: протяженностью от 5-10 км до 100-200 км. При этом частота повторений колеблется от ежеквартальных до ежегодных.

Сравнительный анализ проявлений неприливных вариаций силы тяжести в осадочных бассейнах сейсмоактивных и слабосейсмичных областей показал, что: а) амплитуды выявленных аномальных изменений силы тяжести во времени находятся в интервале 0,05-0,30 мГал; б) величины аномальных изменений силы тяжести в слабосейсмических районах превышают аналогичные характеристики для сейсмоактивных областей.

Предложен флюидодинамический механизм формирования локальных вариаций силы тяжести в разломных зонах осадочных бассейнов.

Исследования характера взаимосвязи вариаций гравитационного поля с изменениями режима деформирования земной

кору указывают на нелинейное поведение коэффициента данной взаимосвязи, что необходимо учитывать при гравиметрическом мониторинге очаговых зон и исследования процессов подготовки землетрясений.

Х.Сильдвэе (Таллин, СССР)

НЕОТЕКТЕНИКА И СЕЙСМИЧНОСТЬ В ЭСТОНИИ

Рассматриваемая территория по геоструктурным и геодинамическим условиям расположена в переходной зоне от Балтийского щита к Балтийской синеклизе. Современные представления о блоковом строении кристаллического фундамента основываются на данных о гравимагнитных полях и на буревых данных.

Новейшая и современная тектоническая активность связана с после- и позднеледниковым периодом. По данным повторного нивелирования значительная часть территории поднимается со скоростью до 2,5 мм/год. Во многих участках наблюдается связь между современными движениями и блоковым строением кристаллического фундамента.

По макросейсмическим данным начиная с 1670 г. на территории Эстонии известно 16 землетрясений с интенсивностью от 3 до 6-7 баллов. Самые последние землетрясения 1976 и 1987 гг. указывают на повышение сейсмической активности после относительного периода покоя (45 лет). Установлено диффузное рассеивание эпицентров землетрясений. Но придется отметить, что многие землетрясения приурочены к зонам глубинных разломов и к региону самого интенсивного современного поднятия в Северо-Западной Эстонии.

Д.Симон (, ГДР)

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНТРОЛЯ В РАЙОНАХ РУДНИКОВ И СЕЙСМОАКТИВНЫХ РЕГИОНОВ С ПОМОЩЬЮ ИЗМЕРЕНИЯ НЕПАРАЛЛЕЛЬНЫХ НАКЛОНОВ

В работе описаны две установки с использованием непараллельных наклономеров в целях контроля.

Установка I предназначена для измерения вариаций нагрузки в соляных штоках в шахтах. Наклонометры здесь устанавли-

ливаются по обеим сторонам штока в одинаковом направлении приблизительно перпендикулярно стенкам. Для калибровки в соседней работающей шахте ведутся параллельно записи промышленным датчиком давления. Порог измерений в установке $1-10^1$ Па. Это в 10^4 раз меньше, чем в промышленных датчиках давления, например, в датчике давления (авторы: Кесселз, Фленгте, Колдитц, патент ДД 228 348 [1985]).

Установка 2 предназначена для контроля изменения горизонтальных деформаций, измеренных обычным способом в целях обнаружения и исключения аппаратурных эффектов. Надежность записей стейнметром представляет особый интерес в сейсмоактивных районах. Здесь наклономеры устанавливаются по обе стороны искусственной вертикальной траншеи длиной 10 метров и глубиной 1 метр. Наклономеры, расположенные перпендикулярно траншее, имеют одинаковое направление измерений. Эффекты наклонов от подобной траншеи, измеренные при помощи установки 2, были того же порядка, что и эффекты наклонов, записанные до образования траншеи. Порог точности описанной установки для измерения деформаций 10^{-10} .

Сравнение с известными методами контроля показывает, что использование непараллельных наклономеров улучшает чувствительность (установка 1), отношение сигнал-помеха (обе установки) и повышает надежность результатов измерения благодаря взаимному контролю (установка 2).

Г.П.Симонян (Ереван, СССР)

ГЕОДИНАМИЧЕСКАЯ И СТРУКТУРНАЯ ОБСТАНОВКА ПРОЯВЛЕНИЯ СПИТАКСКОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ 7 ДЕКАБРЯ 1988 Г. И ЕГО ПОСЛЕДСТВИЕ

Эпицентр Спитакского катастрофического землетрясения находился в Спитакском районе Северной Армении, между г. Спитак и с.Гехасар, на южном борту долины р.Памбак. Глубина очага 10-15 км. Геодинамическая обстановка Спитакского землетрясения обусловлена тектонической активностью Тавро-Кавказской области, вследствие сближения Аравийской плиты в меридиональном направлении. Эти движения привели к раздавливанию Памбакской впадины между Базумским горстом с севера и Памбакским поднятием с юга, способствуя этим на-

коплению тектонических напряжений. В структурном отношении Спитакское землетрясение связано с Памбак-Севанским глубинным разломом субширотного направления, являющегося ветвью известного Северо-Анатолийского глубинного сбросо-сдвига, с которым было связано десяти-одиннадцати балльное Эрзинджинское землетрясение 1939 г.

Вместе с тектоническим положением Спитакского землетрясения в системе метантиклинория Малого Кавказа немаловажное значение имело также наличие разнонаправленных разломов, происходивших интенсивных неотектонических и современных дифференцированных движений, проявления здесь нескольких землетрясений средней силы в двадцатом столетии.

Землетрясение привело к полному разрушению г. Спитака и значительному разрушению городов Лениакана, Кировокана, Степанавана, свыше 360 селений, из которых более 60 полностью. Погибло более 25 тысяч человек.

В результате землетрясения на земной поверхности, в зоне Памбак-Севанского глубинного разлома образовался сейсмотектонический разрыв сбросо-сдвигового типа, протяженностью 8-10 км, с азимутом простирания $300-310^{\circ}$, падением на юго-запад под углом $85-90^{\circ}$. Амплитуда вертикального смещения в эпицентре достигает 1,5 м. Горизонтальное перемещение оценивается 50-60 см.

А.Н. Сингх (Дехрадун, Индия)

ИНВЕРСИИ ДВИЖЕНИЙ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ПОВТОРНОГО НИВЕЛИРОВАНИЯ И ПРОГНОЗ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДАННЫХ О ПРОИСШЕДШИХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯХ

Повторное геодезическое нивелирование позволяет получить предвестник землетрясения в виде деформаций земной поверхности. Во многих странах исследователями применяется сейчас теория дислокаций для моделирования деформаций, вызванной землетрясениями и зафиксированной геодезическими методами. Модель дислокации, используемая в большинстве случаев для моделирования деформаций, зарегистрированных в процессе нивелирования, имеет вид

$$H_i = H_0 + \dot{H} (t_i - t_0) + u \quad (\text{Холдал, 1986})$$

где H_i - высота в момент времени t_i , H_0 - высота репера

в момент t_0 , выбранное отсчетное значение времени, H - функция кривой скорости, которая может быть выражена несколькими способами, а U - случайное движение в связи с каким-либо землетрясением.

Логическая функция для U , которая затухает с увеличением расстояния, была предложена Р.Снеем (Холдал, 1978). Модель была опробована Аруром и Сингхом (Арур и Сингх, 1986) на одном профиле в северо-восточном районе Индии. Продолжая разрабатывать модель, автор применил ее к результатам повторного нивелирования в северо-восточном районе с тем, чтобы получить картину распределения региональных движений, а также случайные движения, возникшие в результате прошлых землетрясений в районе и зафиксированные повторным нивелированием. Автором была исследована инверсия новых данных повторного нивелирования для района с целью получения наиболее вероятных параметров прогнозируемого землетрясения как в пространственной, так и временной областях. Возможная сила землетрясения также была оценена в рамках инверсионной модели, обсуждение результатов было проведено в контексте преобладающих тектонических особенностей региона.

Д.И.Сихарулидзе^{x)}, А.Х.Баграмян^{xx)}, Н.П.Тутберидзе^{x)},
Э.И.Патарая^{x)}, П.О.Джиджеишвили^{x)}, Р.Л.Шавишвили^{x)},
Б.Ц.Еремян^{xx)} (Тбилиси, ^{xx}Ереван, СССР)

СЕЙСМОКИНЕМАТИКА АНАТОЛИЙСКО-КАВКАЗСКО-ИРАНСКОГО РЕГИОНА

На основе исследования пространственно-временного распределения и механизмов очагов сильных землетрясений, а также по данным различных групп и типов отраженных и преломленных поверхностных сейсмических волн изучены горизонтальные неоднородности, сейсмическое условие и напряженно-деформированное состояние Анатолийско-Кавказско-Иранского региона. Выделены границы литосферных плит и крупных блоков этого региона и определены их относительные движения. Установлено, что территория Анатолийско-Кавказско-Иранского региона с точки зрения сейсмичности и геодинамики является взаимосвязанным единым регионом. Выделен Кавказский литосферный мегаблок, который со всех сторон ограничен крупны-

ми сейсмогенными разрывными зонами, являющимися со своей стороны, границами между Кавказским литосферным мегаблоком и Черноморской, Ожно-Каспийской, Иранской, Анатолийской и Аравийской литосферными плитами, а также Евразийской платформой. Крупные сейсмогенные разломы, которыми ограничен Кавказский литосферный мегаблок, следующие: Арсиано-Казбегский, Терско-Кумский, Эльбурсо-Ванский, Талышско-Махачкалинский. Этот мегаблок находится в условиях статического сжатия и поэтому его территория характеризуется расщечной сейсмичностью. Он раздроблен на отдельные литосферные блоки, на границах которых возникают землетрясения сравнительно меньшей силы, чем вдоль отмеченных выше сейсмогенных разрывных зон. Проведенные исследования по изучению сейсмических условий, блокового строения и напряженно-деформированного состояния Анатолийско-Кавказско-Иранского регионов дали возможность выявить места и причины возникновения землетрясений на Кавказе.

Д.М.Тралли (Пасадена, США)

НЕПРЕРЫВНЫЙ МОНИТОРИНГ ЗА ДЕФОРМАЦИЯМИ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ С ПОМОЩЬЮ ГЛОБАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ НАВИГАЦИИ (GPS) НА РЕГИОНАЛЬНЫХ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ СЕТЯХ

Геодезическая сеть, позволяющая получать миллиметровую точность на базах в 100 км, может применяться в качестве дополнения к сейсмическим сетям для определения временного и пространственного трехмерного распределения напряжений в земной коре тектонически активных регионов. Геодезические измерения с помощью глобальной навигационной системы (GPS), проводимые с использованием стационарных и мобильных приемников с радиоволновыми диапазонами, а также данные, передаваемые с нескольких спутников НАВСТАР, позволили получить такую возможность для компонент горизонтальной сети. Непрерывные геодезические наблюдения за циклами землетрясений помогают решить вопросы, связанные с накоплением напряжений перед сейсмическими событиями и их последующим распределением. Выводы о подвижке на глубине, сделанные на основании определения сейсмического момента, могут быть ограниченными после измерения деформаций, не обязательно приводящих

к разрыву поверхности. Густая сеть пунктов глобальной навигационной системы с высоким разрешением по времени (несколько секунд), позволяющая исследовать динамику разрыва в зоне разлома, будет использована, наряду с другими непрерывно действующими сетями, для предсказания сейсмических событий по деформациям несейсмической природы. Описана предлагаемая начальная сеть в Южной Калифорнии с опорой на современную аппаратуру глобальной навигационной системы (приемники Роже), а также программное обеспечение для обработки данных (GIPSY), разработанное в лаборатории реактивных двигателей и отвечающее требованиям высокой разрешенности и реального времени.

Д.М.Тралли (Пасадена, США)

ТОЧНЫЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ БАЗИСНОЙ ЛИНИИ В КАЛИФОРНИЙСКОМ ЗАЛИВЕ С ПОМОЩЬЮ ГЛОБАЛЬНОЙ НАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

Глобальная навигационная система (GPS) состоит из нескольких навигационных спутников, передающих двухполосные сигналы групповой и фазовой задержки, которые для геодезических целей фиксируются сетью мобильных наземных приемников. Одновременное слежение за группой спутников в течение нескольких часов, повторяемое на протяжении нескольких дней, позволяет получить точное положение приемника и оценку пространственных компонент геодезической линии, которая может иметь длину от десятков до несколько сот километров. Представлены результаты работ по наблюдениям системы в Калифорнийском заливе в ноябре 1985 года, показывающие точность определения горизонтальных компонент порядка нескольких единиц на 10^{-8} при использовании данных, полученных как по наблюдениям несущей фазы, так и по наблюдениям псевдорасстояний (расстояний, не исправленных за различия показаний часов приемника и спутника). Показано также влияние ошибок, связанных с томосферными задержками. Точность геодезических наблюдений системы GPS получается из сравнения с определениями длинбазисной радиоинтерферометрии на разнесенных базисных линиях и, по-видимому, сравнима с ее точностью.

Второй эксперимент по наблюдениям GPS в заливе пла-

нируется на 1989 год. Расширенные сети слежения системы GPS в этом районе позволят проводить мониторинг за деформациями земной коры вдоль границы Тихоокеанской и Североамериканской плит, уделяя особое внимание распределению напряжений от границы континентальной Калифорнийской плиты и через северный полуостров Вайя на всю длину залива. Скорости движения плит на уровне 4,8 мм/год могут быть определены посредством экспериментов с GPS, продолжающимися несколько лет, в то время как кинематические модели движения плит, отличающиеся менее чем на 1 см/год, могут быть определены в пределах декады.

К.Р.Третьяк, С.Н.Ходоров (Львов, СССР)

КРИТЕРИИ ОПТИМИЗАЦИИ ИНФОРМАТИВНОСТИ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ НА ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ПОЛИГОНАХ

Каждое измерение несет определенную информацию, которая определяется его энтропией. Целенаправленная энтропия, или полезная в определенном смысле информация, определяется информативностью измерения. Для определения информативности геодезических измерений на геодинамических полигонах их энтропия анализируется спектром точностных параметров с: стемы деформационных характеристик (компонент), соответствующих инвариантам тензора деформаций. Физический смысл этих инвариантных характеристик определяет дилатацию, сдвиг, максимальное или минимальное растяжение или сжатие, вращение конечных участков земной поверхности.

В соответствие с разработанной методикой и алгоритмом каждое предполагаемое измерение может подвергаться тестированию приведенной системой точностных критериев деформационных характеристик. В зависимости от целенаправленности постановки эксперимента можно выделить более важные или необходимые критерии, а также составить весовую функцию всей системы критериев, которая может являться обобщенным критерием информативности измерений.

Таким образом, тестирование всех возможных в системе измерений, в рамках предлагаемой методики, позволяет составить оптимальный план измерений или придать максимальный вес наиболее информативным измерениям. Если постановка

эксперимента предполагает обобщенное исследование деформационных процессов, а априорная информация о них отсутствует, то по нашей методике критерием информативности измерений является величина

$$\Delta T = D \cdot E \cdot I - D' \cdot E' \cdot I'$$

где D, E, I, D', E', I' соответственно детерминант, максимальное собственное число и число Тодда ковариационной матрицы измерений до и после исключения или введения тестируемого измерения.

Реализация предложенной методики позволяет проектировать высокoeffективные и надежные геодезические построения на геодинамических полигонах.

К.Ф.Тяпкин (Днепропетровск, СССР)

РОЛЬ ВНУТРЕННИХ И КОСМИЧЕСКИХ СИЛ В ТЕКТОГЕНЕЗЕ ЗЕМЛИ

Существуют две группы сил, участвующих в тектогенезе Земли: под действием одной из них происходит выравнивание геоида в направлении сближения его со сфероидом, а вторая — время от времени выводит Землю из состояния равновесия, приводя к тектоническим активизациям, выражающимся в деформациях земной коры. Наши знания о природе второй группы сил весьма гипотетичны.

Наиболее распространены гипотезы, в которых в качестве источника сил тектогенеза принимаются физико-геологические или геохимические процессы типа: плотностной дифференциации вещества, его тепловой или механической конвекции, явлений уплотнения или разуплотнения, связанных с фазовыми и электронными переходами вещества, радиоактивного распада. Если принять любой из перечисленных выше спонтанных внутриземных процессов за основной источник сил тектогенеза, то в лучшем случае можно объяснить направленное развитие Земли, но не ее цикличность.

Наиболее вероятным источником сил тектогенеза может быть взаимодействие нашей планеты с окружающими полями Космоса, следствием чего является изменение ротационного режима Земли. В результате приспособления фигуры Земли к новому ротационному режиму возникают напряжения, разрядка которых приводит к тектоническим активизациям Земли. При

таким подходе названные выше "внутриземные" процессы, проявляющиеся на поверхности планеты, оказываются реакциями на силы взаимодействия Земли с физическими полями Космоса. Циклическое развитие тектонических процессов на фоне направленного развития Земли обусловлено циклическим характером вариации ротационного режима нашей планеты, совершающегося на фоне векового его измерения.

В.И.Уломов (Ташкент, СССР)

ДЕФОРМАЦИЯ ФРАКТАЛЬНОЙ ГЕОСТРУКТУРЫ И ДОЛГОСРОЧНЫЙ ПРОГНОЗ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ

Иерархическая самоподобная структура геофизической среды определяет ее особую реакцию на деформации. Масштабноподобные сейсмические явления возникают когерентно не только во времени, но и в пространстве. Механизм очаговой коммуникации, обуславливающий эволюцию сейсмогеодинамических (СГД) процессов, предопределяется как стохастическими, так и детерминистскими факторами. Если внешние геодинамические воздействия слабы, то сейсмический режим в регионе квазистационарен и характеризуется хаотическим возникновением слабых землетрясений. При увеличении вынуждающих сил СГД-система переходит в качественно новое и более организованное состояние. На макроскопическом уровне появляется самоорганизация, обусловленная кооперативным взаимодействием возникающих очагов землетрясений.

Другим важным параметром СГД-процесса являются дискретные волны напряжений и деформаций, распространяющиеся в межблочных швах. Эти уединенные деформационные волны, имеющие солитонную природу и названные нами геонами, играют существенную роль в направленности пространственно-временного развития СГД-процесса и вносят яркий эффект организации в стохастический поток сейсмических событий. Эти и другие представления положены в основу адекватной фрактальной решеточной модели снотриплитового сейсмогенезиса.

Геонические движения в литосфере можно уподобить деятельности цилоннов и антициклонов в атмосфере. Такие синергетические явления упорядоченного перемещения областей СГД-активизации использованы нами при построении синоптических

карт долгосрочного прогноза сейсмической обстановки в Средней Азии и других регионах.

С.Н.Устинов, В.М.Мыськов, Р.К.Махкамов (Душанбе, СССР)

ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ В ЗОНЕ ГИССАРСКОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ

Высокоточные измерения на Душанбинском полигоне выполняются на территории в несколько тысяч квадратных километров. Линейно-угловая и нивелирная сети полигона охватывают части трех основных геологических структур полигона: Южного Тянь-Шаня, иперсцово́й зоны Южного Тянь-Шаня (Душанбинского прогиба) и Таджикской депрессии, разделенных между собой глубинными разломами - Гиссаро-Кокшаальским и Илякским.

Эпицентральной зоне Гиссарского землетрясения находится внутри Душанбинского геодинамического полигона. Южнее, восточнее и западнее эпицентральной зоны проходят линии повторного нивелирования I класса: саму зону пересекает линия повторного нивелирования II класса. Непосредственно в эпицентральной зоне находится один из пунктов линейно-угловой сети Душанбинского полигона.

Работы на Душанбинском полигоне проводятся начиная с 1972 года с периодичностью от нескольких лет до нескольких недель (на отдельных участках). Все это позволило получить ценную информацию о современных движениях непосредственно в зоне землетрясения и определить влияние сейсмического события на более отдаленных участках.

Намечена детальная программа дальнейших исследований.

С.Н.Устинов, Р.К.Махкамов, М.В.Тиганова (Душанбе, СССР)

КАРТА СОВРЕМЕННЫХ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ДВИЖЕНИЙ ЗЕМНОЙ КОРЫ ЮЖНОЙ ЧАСТИ ДУШАНБИНСКОГО ПРОГИБА

Гиссарское землетрясение 23.01.89 г. произошло в южной части Душанбинского прогиба - узкого субширотного блока, отделенного от основных геологических структур региона - Южного Тянь-Шаня и Таджикской депрессии - Гиссаро-Кокшаальским и Илякским глубинными разломами.

Карта составлена по результатам повторных нивелировок

I класса, выполняемых на Душанбинском геодинамическом полигоне.

Скорости современных вертикальных движений, характеризующие общий фон, вычислены по результатам нивелирования 1973-1988 гг. Исходными при этом были реперы, находящиеся в пределах Душанбинского прогиба, примерно в 10 км к северу от Илякского разлома.

Скорости современных вертикальных движений колеблются от +2 мм/год до -3 мм/год в восточной части полигона и в пределах +1- -1 мм/год в западной части полигона. Линия Илякского разлома на карте в западной части никак не выражена; в восточной части полигона отмечается некоторое поднятие фронтальной части Таджикской депрессии, и опускание в 3-5 км к югу от Илякского разлома.

Резкое изменение рисунка изолиний после Гиссарского землетрясения на карте вертикальных движений свидетельствует о взбросе южного крыла Илякского разлома на величину 10-15 мм на протяжении нескольких десятков километров. Опускание пункта триангуляции на вершине горы Уртабоз на 30 мм может быть объяснено сходом оползня, объемом несколько сот миллионов кубометров.

С.А.Федотов, М.А.Магуськин, А.П.Кириенко, Н.А.Жаринов
(Петропавловск-Камчатский, СССР)

ВЕРТИКАЛЬНЫЕ ДВИЖЕНИЯ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ НА ПОБЕРЕЖЬЕ
КАМЧАТСКОГО ЗАЛИВА И ОСОБЕННОСТИ ИХ В ЭПИЦЕНТРАЛЬНОЙ ЗОНЕ
ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ 17.08.1983 ГОДА, $M=6,9$

В конце июля 1983 г. в предполагаемой близости к эпицентру ожидавшегося землетрясения было начато нивелирование I класса вдоль существующей здесь с 1969 г. трассы нивелирования с целью выявления вертикальных подвижек, предвещающих землетрясение. По предыдущим результатам (1969-1970, 1977-1980 гг.) побережье Камчатского залива опустилось на 30-40 мм за 7 лет относительно местности, удаленной на 15-20 км от побережья.

Сопоставление средних значений измерений 1983 г. с данными за 1977 г. показали, что в этот период произошла смена знака вертикальных движений, отдельные реперы на по-

бережье поднялись относительно удаленных на 6-8 мм.

Во время землетрясения 17.08.83 г. наблюдались колебательные движения реперов, наклоны вдоль секций нивелирного хода одного азимута были разнонаправленными, т.е. вертикальные деформации земной поверхности имели "гофрированный" характер. Примерно за 15 дней до землетрясения в процессе нивелирования отмечалось возрастание разностей превышений по секциям между прямым и обратным ходами. По мере приближения момента землетрясения увеличивалась абсолютная величина разностей прямых и обратных превышений. Вычисленная по этим данным скорость вертикальных деформаций за двое суток до землетрясения равна 2,4 мм/сутки. Сильный афтершок этого землетрясения также сопровождался сравнительно большими расхождениями между прямыми и обратными ходами нивелирования.

Полученные данные говорят в пользу возможности использования повторных нивелирований для определения времени сейсмической опасности в исследуемом районе.

А.Г.Фрейд^х), В.Е.Коновалов^х), Л.С.Кадурин^х), И.Б.Осипова^{хх})
(^хМосква, ^{хх}Ереван, СССР)

ГЛУБИННОЕ СТРОЕНИЕ ЗОНЫ СПИТАКСКОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ И ПРИЛЕГАЮЩИХ ТЕРРИТОРИЙ

Изучение глубинного строения земной коры сейсмоактивных зон является неотъемлемой частью проблемы прогноза землетрясений.

В 1989 году были выполнены комплексные сейсмические исследования МОБЗ-ГСЗ по трассе профиля северо-западного направления, пересекающего Спитакскую сейсмоактивную зону между городами Спитак и Ленинакан.

Результатом проведенных исследований явилась сейсмо-геологическая модель разреза земной коры, характеризующаяся следующими особенностями:

- выделены и прослежены внутрикоровные границы по данным отраженных и обменных волн землетрясений;
- на основе решения прямой и обратной задач ГСЗ разрез земной коры охарактеризован значениями истинной скорости упругих волн;

- выделяемые структурно-формационные комплексы охарактеризованы соответствующими скоростными параметрами;
- установлены структурные особенности отдельных геоблоков.

На основе полученных результатов авторами сделаны следующие выводы:

1. Сейсмоактивная зона, проявившаяся в виде катастрофического землетрясения, представляет собой тектоническую структуру древнего (по крайней мере, юрского) заложения;

2. Динамика тектонически активной зоны претерпела к настоящему времени некоторые изменения, связанные с существенными преобразованиями в геодинамических условиях развития региона (геосинклинальные условия в юре и орогенные в кайнозой).

С.Цацонь (Вроцлав, ПНР)

ГЕОДИНАМИЧЕСКИЙ ПРОФИЛЬ СНЕЖКА-БОРОВЕЦ КАК ЭЛЕМЕНТ КОМПЛЕКСНОЙ СИСТЕМЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ДВИЖЕНИЙ ЗЕМНОЙ КОРЫ

Работа касается проекта исследований пространственных движений земной коры вдоль польского фрагмента УП Международного геодинамического профиля на отрезке Снежка (Судеты) - Боровец вблизи Познани. Начало и конец профиля опирается на два пункта запроектированной региональной сети, охватывающей территорию Польши, составленной из 8-ми точек (эта сеть представляется как сгущение проекта мировой сети). Расположение пунктов этой сети вытекает из геолого-тектонического строения Польши.

Геодинамический профиль длиной ~200 км, кроме научных аспектов, имеет утилитарное значение, потому что проходит через или возле объектов эксплуатации подземной руды меди, существующих и запроектированных водных бассейнов, запроектированной открытой горной разработки бурого угля, городских агломераций.

Запроектировано размещение пунктов линейно-угловой сети и высокоточного нивелирования в низменной и подгорной местности, а также пространственной сети в горах, учитывая тектоническое строение земной коры.

Предусматривается также применение спутниковой техни-

ки в периодических наблюдениях (в основном GPS).

Для оценки постоянства относительных пунктов (опорных) кроме геометрических анализов, планируется применение геотехнического метода с употреблением инклинометра.

С.Цацонь, М.Качалек, Б.Контны, К.Монкольски (Вроцлав, ПНР)
ЭКЗОГЕННЫЕ ДВИЖЕНИЯ ЗЕМНОЙ КОРЫ НА ПОЛИГОНЕ "ТУРУВ"

Все большее внедрение человека в природную среду поверхностного слоя земной коры (эксплуатация месторождений, строительство инженерных блоков, городских агломераций и т.д.) вызывает техногенные землетрясения. Это касается также асейсмических районов.

Геодезические измерения, которые периодически производятся в области горных выработок "Турув" имеют своей целью оценку безопасности объекта. Эти работы реализуются опираясь на локальную пространственную сеть на поверхности 80 км^2 , которая состоит из 45-ти пунктов расположенных в выработке, местах отвала и областях, окружающих горные выработки.

В работе представлены результаты трехкратных измерений, указывающие на угрозу с некоторых районах горных выработок.

В.Е.Цурков (Фрунзе, СССР)

К ВОПРОСУ ПРОГНОЗА ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ ПО ГЕОДЕЗИЧЕСКИМ ДАННЫМ
(ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИССЛЕДОВАНИЙ НА ФРУНЗЕНСКОМ ГЕОДИНАМИЧЕСКОМ
ПОЛИГОНЕ В ПЕРИОД 1971-1989 ГГ.)

Геодезические исследования современных движений земной поверхности (СВДЗП) выполняются Киргизским аэрогеодезическим предприятием ГУТК СССР с 1971 года. Основное внимание уделяется изучению вертикальных деформаций земной поверхности с целью выявления предвестниковых признаков. Результаты исследований на Фрунзенском геодинамическом полигоне (ГДП), охватывающем геодезическими построениями Центрально-Чуйский регион Киргизского Тянь-Шаня, опровергают ставшие уже традиционными представления о медленной подготовке землетрясений по законам теоретической модели с наличием фа-

зы d . Этот вывод основан на результатах нивелирования, проведенного в 1986-1989 гг., когда опрос основных прогнозных линий Фрунзенского ГДП производился 4 раза в год с равномерным их распределением в период март-ноябрь месяцы года.

В то же время данные геодезических исследований указывают на чрезвычайно напряженное состояние земной коры в исследуемом регионе, где даже незначительные по силе землетрясения, удаленные на тысячи километров, вызывают вертикальные деформации земной поверхности. При этом, долгопериодических составляющих вертикальных деформаций не наблюдалось, при четко выраженных фазах β и γ .

Учитывая очевидные особенности СВДЗП в Центрально-Чуйском регионе, присущие по нашему мнению всей территории Киргизского Тянь-Шаня, геодезические исследования в Киргизии следует усилить. Естественное расположение сейсмогенных зон, выявленное по данным исследований ученых и специалистов смежных специальностей, предопределило благоприятные для этого возможности.

В этой связи требуют пересмотра принципиальные подходы к постановке геодезических исследований в Киргизии. Заслуживает внимания, распространения и внедрения метод детерминированного прогноза мест подготовки сильных коровых землетрясений, пропагандируемый в последнее время в СССР Певневым А.К. (ЦНИИГАиК).

С.Чепреги, Ви Куок Хай (Секешфехервар, ВНР)

ИССЛЕДОВАНИЕ ДВИЖЕНИЙ ЗЕМНОЙ КОРЫ В ОКРЕСТНОСТЯХ СЕКЕШФЕХЕРВАРА

1. Секешфехерварский базис был создан в 1985 году. Его целью, прежде всего, являлось обеспечение единой линейной единицы для исследований движений земной коры в окрестностях Секешфехервара. Создание базиса было произведено на искайском пастбище недалеко от Секешфехервара. Базис состоит из 7 туров с глубокозаложным фундаментом. Распределение базиса следующее: 0 - 48 - 96 - 192 - 768 - 1536 метров.

Точка базиса горизонтального значения располагается

вдоль прямой. Несколько волнистый характер местности сделал возможным построение верхней плитки тура вдоль наклонной прямой. Во время измерения дальномерная линия проходит равномерно на высоте 1,5-2 м над местностью.

Определение базиса в горизонтальном отношении мы производили приборами типа КЕРН МЕКОМЕТР 3000 и МЕКОМЕТР 5000. Расстояние между точками измерялось при каждой комбинации. После уравнивания определение положения точек было меньше, чем 0,3 мм.

Созданный базис используют и для эталонирования нивелиров, применяемых при геодезических съемках в окрестностях Секешфехервара.

В ходе эталонирования путем прецизионного уравнивания определяются коэффициенты степенного ряда. Порядок степенного ряда выбирается произвольно.

2. В целях определения движения главной линии разлома в направлении Варпалота-Инота, в 1986 году нами была создана контрольная сеть, состоящая из 6 точек. В результате произведенных в окрестности пробных бурений, место разлома линии хорошо известно.

Состоящая из 6 точек контрольная микросеть имеет форму прямоугольника, более длинная сторона которого перпендикулярна линии разлома. Точки закреплены на местности турами.

Измерение сети до сих пор производилось три раза. Измерение направлений выполнялось теодолитом ВИЛЬД Т -3 в восемь приемов, а измерение расстояний - дальномером ВИЛЬД 1000.

Степень надежности определения составляет менее 0,6 мм средней квадратической ошибки. На основе сделанных до сих пор измерений еще нельзя сделать вывод о тектонических сдвигах.

3. В окрестностях Секешфехервара имеется возможность создания сети исследования движений земной коры, как части государственной геодезической сети. В точках сети стоят железобетонные измерительные башни, которые обеспечивают непосредственное измерение сторон.

Длина сторон сети 15-20 км. В этом году мы имели возможность непосредственного измерения отдельных сторон сети дальномером АА 6000. Каждое расстояние определялось два

раза при разных метеорологических условиях. В ходе обработки измерений было произведено исследование влияния метеорологии на измерения.

В.И.Шамотко, И.П.Мороз, Б.Л.Маркович, Р.И.Кусайло (Львов, СССР)

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ПРОГНОСТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В СЕЙСМОАКТИВНОМ ЗАКАРПАТСКОМ ПРОГИБЕ

Электромагнитные исследования, выполняемые на Закарпатском геодинамическом полигоне с целью поиска предвестников землетрясений, включали структурные исследования, периодические и режимные непрерывные наблюдения за изменениями электросопротивления массива горных пород.

Структурные исследования и периодические наблюдения осуществлялись методом зондирования становлением электромагнитного поля в ближней зоне. Режимные наблюдения базировались на высокоточном приемном измерительном устройстве с накоплением сигнала и введении составной компенсационной схемы, осуществляющей сравнение комплексного электросопротивления междуэлектродного массива горных пород с эталонным комплексным сопротивлением, состоящим из переменных резистора и емкости. Чувствительность и точность измерений определяется по реакции системы на приливные деформации. Для устранения влияния метеофакторов на результаты режимных наблюдений применен скважинный вариант исследований.

Результаты полевых исследований, математического и физического моделирования позволили выбрать оптимальные пункты наблюдений, установить наиболее информационные среды и области проявления максимальных изменений геоэлектрических характеристик в период подготовки землетрясения.

Общей закономерностью вариационных кривых электросопротивления является наличие предшествующего моменту землетрясения минимума, время проявления и интенсивность которого зависит от энергетического класса и удаления эпицентра землетрясения от пункта наблюдения.

На примере непрерывной регистрации временных вариаций электросопротивления в эпицентральной зоне Углянских землетрясений показана высокая чувствительность и разрешающая

способность электрометрической системы к изменению напряженного состояния массива горных пород, вызванного приливными и тектоническими деформациями земной коры, а также перспективность применения этой системы для целей поиска и прогноза краткосрочных предвестников землетрясений.

В.А.Шапиро^х), М.Ю.Муминов^{хх}), К.Н.Абдуллабеков^{хх}), Г.Ю.Азизов^{хх} (^хСвердловск, ^{хх}Ташкент, СССР)

ПРОГНОЗ ВРЕМЕНИ, МЕСТА И СИЛЫ ТЕКТОНИЧЕСКИХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ В УЗБЕКИСТАНЕ ПО ДАННЫМ ВЫСОКОТОЧНОЙ МАГНИТОМЕТРИИ В 1982-1988 ГГ.

Многолетними исследованиями в Узбекистане установлено, что значимые вариации аномального магнитного поля, связанные с землетрясениями, не могут иметь пьезомагнитной природы, а вызваны магнитными полями внутриземных токов. Разработана методика поиска предвестников землетрясений магнитным методом: в отличие от многолетней практики, когда основные усилия исследователей направлялись на поиск сигналов пьезомагнитной природы, в качестве основного геодинамического индикатора рассматриваются зоны аномальной электропроводности. Этапы работ: 1. Поиск аномалий электропроводности и установка в эпицентральных зонах этих аномалий высокоточных автоматических протонных Т-МВС; 2. Создание вокруг стационарных Т-МВС микро- и макрополигонов из 20-30 пунктов; 3. Оперативный анализ информации и выделение прогнозного сигнала.

В 1982-88 гг. дан документированный прогноз времени, места и силы 70 землетрясений. Из них для 30 событий (43%) прогнозные и фактические данные совпали по всем трем параметрам, для 26 случаев (37%) хорошо совпали два параметра и удовлетворительно - третий, в 14 случаях (20%) прогноз не оправдался по двум или всем трем параметрам (в эти же 20% включены единичные землетрясения, не предвzрyвшие аномальными вариациями поля, а также единичные случаи, когда наблюдались вариации магнитного поля, за которыми не следовали землетрясения).

В качестве примера рассматриваются данные по прогнозу

двух землетрясений средней силы в Ферганской долине:
28.06.1985 г. с $M=4,8$ и 17.08.1988 г. с $M=5,1$.

С.А.Шапиро, И.С.Файзуллин (Москва, СССР)

ФРАКТАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОЧАГОВЫХ ЗОН И РАССЕЯНИЕ ОБЪЕМНЫХ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЛН

Последние исследования показывают фрактальный характер систем разломов или систем трещин очаговых зон. Фракталами называются геометрические объекты, занимающие промежуточное положение между точкой и линией, линией и поверхностью, поверхностью и пространством. Степень промежуточности определяется фрактальной размерностью, принимающей соответственно значения между 0 и 1, 1 и 2, 2 и 3. Она в свою очередь определяется сложностью, изрезанностью или фрагментированностью объектов. Фракталы формируются в результате процессов перколяционного характера, разрушения, диффузии, агрегирования и т.д. Естественно предположить, что подобные процессы протекают в очаговых зонах или сейсмоактивных районах. За счет этого в таких областях формируются неоднородности типа трещин или включений, совокупная поверхность которых является фракталом. Тогда плотность вероятности существования включения размера a имеет вид $n(a) \sim a^{-q}$, где q - константа, связанная с фрактальной размерностью D совокупной поверхности включений соотношением вида $D = q - 1$. Вместе с тем величина q определяет частотную зависимость коэффициента рассеяния сейсмических волн $d_s(\omega)$ так, что $d_s \sim \omega^{q-3}$. Таким образом по степенной зависимости просвечивающих Р- или S-волн от частоты может быть определена фрактальная размерность D для очаговой зоны. По степенной зависимости коэффициентов рассеяния проходящих поперечных волн в сейсмически активных районах литосферы можно получить, что распределение неоднородностей в этих районах имеет вид $n(a) \sim a^{-3 \div 3,5}$ для масштабов меньших 1000 км. Их совокупная поверхность имеет фрактальную размерность 2-2,5, что согласуется с полученной прямыми измерениями оценкой D системы разлома Сан Андреас (Р.Окубо, К.Аки, 1987). Для стабильных районов $\alpha_p \sim \omega$ и $D \approx 3$.

В.А.Широков, Ю.М.Хаткевич (Петропавловск-Камчатский, СССР)
О ВОЗМОЖНОСТИ КОМПЛЕКСИРОВАНИЯ ДОЛГОСРОЧНОГО, СРЕДНЕСРОЧНОГО И КРАТКОСРОЧНОГО ПРОГНОЗОВ ПО СЕЙСМОЛОГИЧЕСКИМ И ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКИМ ДАННЫМ НА ПРИМЕРЕ КАМЧАТСКОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ 6.10.78, $M_LH = 6,6$

В 1982-1988 гг. в районе г.Петропавловска-Камчатского в широтной полосе $52^{\circ},0-54^{\circ},0$ с.ш. наиболее сильным было землетрясение 6.10.87 г. ($M_LH=6,6$; $K_S^{468}=13,9$; $H=34$ км, интенсивность в городе $J=5$ баллов, эпицентральное расстояние $\Delta=80$ км). На основе анализа сейсмологических и гидрогеохимических данных выявлены среднесрочные и краткосрочные предвестниковые явления, которые регистрировались в интервале от II месяцев до одних суток до начала землетрясения. Предлагается методика комплексирования предвестников, позволяющая: 1) на основе долгосрочного прогноза оценить верхний порог энергетического класса ожидаемого землетрясения ($K_S^{468}(\max)=15,0$); 2) по среднесрочному предвестнику выявить временной интервал длительностью не более года, в течение которого с вероятностью $p \approx 0,8$ ожидается землетрясение в диапазоне $K_S^{468}=13,5-15,0$; 3) по гидрогеохимическим аномалиям (дебит, концентрация ионов хлора и гидрокарбоната), которые регистрировались на трех станциях на расстояниях 120-140 км от эпицентра в интервале от 70 до I суток до событий - уточнить время возникновения землетрясения.

В.П.Шляховый, А.Г.Ильченко (Полтава, СССР)

АНОМАЛЬНЫЕ ЗЕМНОПРИЛИВНЫЕ ЭФФЕКТЫ - ВЕРОЯТНЫЕ ПРЕДВЕСТНИКИ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

Проблема прогноза землетрясений имеет вероятностно-статистический характер и, как показывает практика, все еще далека от решения. Необходимы интенсивные исследования всех явлений, которые могут быть предвестниками. В этом плане особый интерес представляют исследования деформационных процессов, являющихся результатом воздействия земного прилива на глубинные породы очаговой зоны. Из-за нелинейной упругости пород должны иметь место различные аномальные эффекты приливного происхождения: генерирование комбинацион-

ных гармоник, вариации в спектрах шумов, инверсии фаз и др. Такие эффекты могут быть предвестниками и, несомненно, подлежат изучению.

Теоретические исследования влияния нелинейных упругих свойств глубинных пород на земной прилив выполнено для двух моделей: физически нелинейной и модели Тимошенко. Найдены формулы для оценки нелинейных деформационных эффектов. Они зависят от размеров зоны, ее координат и прочности пород. Показано, что максимальный эффект от нелинейности в деформациях будет по главным диагоналям тензора напряжений, а в наклонах - под углом к ним. И там, и там присутствуют комбинационные искажения и инверсии фаз прилива. Для практического изучения таких эффектов использованы данные наблюдений наклонов на станции "Кишинев", примыкающей к Вранческой очаговой зоне и опорной станции "Судиевка". Исследован спектральный состав наблюдений, изучены шумы, определены параметры приливов и получены нижние оценки нелинейных эффектов. Обнаружены аномалии, которые могут быть предвестниками.

В.П.Шляховый^X), В.И.Черный^{XX}) (^XПолтава, ^{XX}Кишинев, СССР)

НАКЛОНЫ - ПРЕДВЕСТНИКИ ВРАНЧЕСКИХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

Первой наклономерно-деформационной станцией для решения задач прогноза землетрясений (З) в Молдавии и на юго-западе Украины является ст."Кишинев", организованная в шахте глубиной 75 м. Здесь работают прецизионные наклонометры автокомпенсационного типа, разработанные в ЦО АН УССР. Благодаря этому достигнуто высокое качество экспериментальных данных. По наклонам получено разрешение до 10^{-10} - 10^{-11} , что соответствует высшему мировому уровню. Это позволяет исследовать даже слабые эффекты-предвестники.

На записях перед некоторыми З. обнаруживаются короткопериодные аномалии, которые могут быть их оперативными предвестниками. Такие предвестники, с амплитудами много меньше прилива, имеются перед местными З. (Вранческими): 1) 14.05.84 - $M=4,7$; 2) 21.02.86 - $M=5,0$; 3) 1.08.86 - $M_I=5,2$; $M_{II}=5,1$; 4) 31.08.86 - $M=6,8$. Анализируя эти и др. случаи замечено, что аномалии четко выделяются на фоне

обычно гладкой приливной кривой. Они имеют как индивидуальные, так и общие черты. Чаше бывают аномалии "флуктуационного типа. Они регистрируются или сами, или совместно с другими (бухтообразными, изломы в плавности кривой и др.). Размах этих нарушений около $2+10$ нрад. Они почти всегда проявляются перед $З. с M > 5$. В аномалиях возможны периоды затишья. Изучаются другие геофизэффекты для использования их в сейсмопрогнозных целях. Установлено наличие предвестников перед некоторыми среднеудаленными $З.$, включая Спитакское - 7.12.88 г. Исследования свидетельствуют о возможности оперативного прогноза (в пределах нескольких часов).

Г.Шмит^{х)}, Т.Молдовяну^{хх)}, В.Наку^{хх)}, Р.Ягер^{х)} (^хКарлсруе, ФРГ; ^{хх}Бухарест, СРР)

АНАЛИЗ ДЕФОРМАЦИЙ ЛОКАЛЬНОЙ НАЗЕМНОЙ СЕТИ В РУМЫНИИ В СВЯЗИ С ВРАНЧСКИМ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕМ 30 АВГУСТА 1986 ГОДА

В 1986 году на площади 8 км x 2 км для слежения за деформациями земной поверхности была создана геодезическая сеть из 18 пунктов близ Нехойу в Южных Карпатах, где при слиянии рек Биска и Бузеу строится электростанция и два новых крупных водохранилища в области Вранча. Этот район расположен около зоны субдукции Черноморской и Трансильванской плит и характеризуется высокой сейсмической активностью. 30 августа 1986 года произошло сильное землетрясение (магнитуда 7,1 по Рихтеру), эпицентр которого расположен на глубине 150 км почти под геодезической сетью. Имеются четыре эпохи наблюдений, включая геометрические и гравиметрические измерения, два из них непосредственно до и после события.

В работе представлены геологические характеристики района, основные параметры землетрясения, расчеты и схема геодинамической сети, результаты измерений и анализ деформаций между эпохами.

Ю.Элленберг (Потсдам, ГДР)

СОВРЕМЕННАЯ РАЗРЫВНАЯ ТЕКТНИКА И ЕЕ СВЯЗЬ С ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯМИ В ГДР

Основными чертами карты современных вертикальных движений земной коры ГДР является система разломов северо-западного - юго-восточного направления, которые делят всю страну на наклонные блоки. Некоторые из этих разломов известны также из геологического картирования, другие, особенно в северной части ГДР, известны только из геофизических исследований или неизвестны вплоть до их выявления геодезическими методами. Современная подвижность всех разломов доказана геофизическими данными, в большинстве случаев нет согласия с геоморфологическими структурами.

Движения вдоль этих разломов криповые и не связаны с сейсмичностью, различия в скорости движений блоков вне разлома не более 1 мм/год и направление движений меняется через короткие периоды времени (не геологические). В некоторых случаях на продолжении разломов не наблюдается криповых движений, но обнаруживаются эпицентры небольших землетрясений особенно в южной части ГДР (Фогтланд).

Это кажется может объяснить соотношения современных движений земной коры и сейсмической активности вдоль разломов в районах с очень низкой сейсмичностью.

Ф.Н.Юдахин, О.К.Чедия, К.Д.Джанузаков (Фрунзе, СССР)

СЕЙСМОГЕННЫЕ ЗОНЫ ТЯНЬ-ШАНЯ - ПРОГНОЗ МЕСТА И СИЛЫ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

Выделением сейсмогенных зон наш коллектив занимается с 1970 г. Среди критериев выделения последних имеются три группы.

1. Особенности глубинного строения и состава пород - среды, в которой возникают очаги землетрясений. На Тянь-Шане их преобладающее количество приходится на глубины 10-20 км, где развито догеосинклинальное основание.

2. Современная геодинамика, отраженная на поверхности особенностями новейшего геологического строения - характером морфоструктур и создавших их тектонических движений.

Здесь прежде всего выделяются полосы контрастного сочленения зон с разнонаправленными или разноскоростными вертикальными движениями и районы, испытывающие аномально высокое тангенциальное сжатие, что устанавливается для глубинных горизонтов посредством изучения геофизических полей, а для поверхностного структурного этажа - геолого-геоморфологическими методами.

3. Приуроченность к тем или иным структурам палеосейсмодислокаций и плейстосейстовых (эпицентральных) зон.

Изучение перечисленных критериев позволило в пределах Киргизии выделить 20 сейсмогенных зон, преимущественно конформных с новейшим структурным планом региона и прежде всего - с простиранием краевых долгоживущих разломов. Энергия каждой зоны оценена максимально возможной M ожидаемых землетрясений от 5,5 до более 8, определяемой по масштабам сейсмогенной зоны, характеру сохранившихся в ней палеосейсмодислокаций и по имеющимся макросейсмическим сведениям и инструментальным данным о ее сейсмическом режиме.

Карта сейсмогенных зон является скелетной основой для последующего составления карты сейсмического районирования.

Ф.Н.Ддахин, Т.А.Беленович, Н.Х.Багманова (Фрунзе, СССР)

ГЕОДИНАМИКА И ДЕФОРМАЦИИ ЗЕМНОЙ КОРЫ ТЯНЬ-ШАНЯ

Современная геодинамическая обстановка на Тянь-Шане обусловлена существованием субмеридионального сжатия в результате столкновения Индо-Австралийской и Евро-Азиатской литосферных плит. Юго-западный Тянь-Шань сжат в значительно большей степени, чем северо-восточный. Верхняя хрупко-жесткая часть земной коры характеризуется исключительно сложным мозаичным строением. Иерархические блоки коры различного вещественного состава и возраста складчатости в большинстве случаев разделены разломами. Нижняя часть земной коры (глубже 10-15 км) существенно более однородна и находится в квазипластическом состоянии. Земная кора Тянь-Шаня разделена региональной зоной стрещиноватости, ниже и выше которой резко различаются поля напряжений и характер проявления сейсмичности. Обладая различными реологическими свойствами геоматериалов, верхний и нижний слои земной ко-

ры Тянь-Шаня по разному реагируют на испытываемое ими суб-
меридиональное сжатие, что отражается на особенностях их
напряженно-деформируемого состояния, характеризующего пове-
дением коэффициента Лоде-Надаи (M_ε). Выражается коэффи-
циент через главные значения тензора деформаций. Расчеты
 M_ε проведены за период 1974-1985 гг. по сильным ($M=3,9-6,0$) и по слабым ($M=2,8-3,3$) землетрясениям отдельно.

Установлено, что верхняя и нижняя части земной коры
Тянь-Шаня различаются по степени напряженно-деформируемого
состояния. Наиболее сложные деформации выявлены в верхней
хрупко-жесткой части земной коры. Здесь же наблюдается и
мозаичная картина движения блоков. Ниже региональной зоны
трещиноватости в основном преобладает деформация сдвига
(за исключением отдельных блоков, характеризующихся либо
деформацией сжатия, либо растяжения) и упорядоченное нап-
равление векторов движения горных масс.

Ф.Н.Юдахин, Ю.Г.Шварцман, Т.А.Базавлук, З.А.Кальметьева,
Т.А.Мельникова, Е.В.Мусиенко, Ю.И.Тарасенко (Фрунзе, СССР)

МОДЕЛИ ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ СРЕДЫ СЕЙСМОГЕННЫХ ЗОН ТЯНЬ-ШАНЯ

Комплекс геофизических данных, полученных в результате
обработки материалов МОВЗ, ГМТЗ, гравиметрии, магнитометрии,
термометрии по территории Киргизского Тянь-Шаня анализиро-
вался с целью выявления особенностей геофизической среды
для районов с разной степенью сейсмичности, а также очаго-
вых зон сильных землетрясений.

На примере некоторых сильных землетрясений показано,
что индивидуальные проявления каждого отдельного землетря-
сения определяются конкретными структурными особенностями
района. Общим же для всех рассмотренных землетрясений яв-
ляется приуроченность очаговых зон к глубинам положения
кровли электропроводящего слоя и изотермы 400°C ; сейсмичес-
кий процесс, возникая (главный толчок) в градиентной зоне
плотностных неоднородностей данного слоя земной коры, раз-
вивается в дальнейшем (афтершоковая деятельность) вглубь
участка повышенной плотности. После сильного землетрясения
меняется характер границы Мохоровичича в районе очага.

Делается предположение, что положение изотермы 400°C

контролирует возникновение очагов землетрясений средней силы ($M=7$), тогда как катастрофические события готовятся на глубинах, температурные условия которых определены в диапазоне $400-1100^{\circ}\text{C}$.

О.И.Юркевич^х), Л.А.Латынина^{хх}) (^хЛьвов, ^{хх}Москва, СССР)

ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ДЕФОРМАЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ НА СТАНЦИИ БЕРЕГОВО

Амплитуда деформационных предвестников землетрясений в Закарпатье для очагов зоны Вранча и более удаленных не превышает 10^{-7} , для сильнейших местных землетрясений достигает непосредственно в эпицентральной зоне 10^{-6} , но вероятность попадания станции в эту зону мала. Для того, чтобы обнаружить тектонические деформации величиной 10^{-7} , необходимо снять влияние экзогенных факторов.

Временной ход деформаций на станции Берегово характеризуют сезонные деформации с амплитудой $10 \cdot 10^{-7}$ и нерегулярные вариации порядка 10^{-7} и длительностью от 3 до 10 дней. Основным источником нерегулярных измерений являются гидрогеологические процессы. Существует тесная корреляционная зависимость между вариациями деформаций и колебаниями уровня подземных вод в скважинах, близких к станции, а также количеством выпавших осадков. Снятие деформаций гидрологического происхождения уменьшает дисперсию в ходе деформаций в 2 раза. Использование точных методов компенсации гидрологических помех позволит на порядок увеличить точность измерения тектонических деформаций.

А.Р.Ярмухамедов, Д.Х.Якубов, А.С.Саттаров, В.Н.Ем
(Ташкент, СССР)

О ВЗАИМООТНОШЕНИИ ДЕФОРМАЦИОННЫХ И СЕЙСМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ОТДЕЛЬНЫХ МИКРОПЛОЩАДКАХ ВОСТОЧНОГО УЗБЕКИСТАНА

Режимные геодезические измерения с 1978 по 1985 годы проводились на Таваксайской и Южно-Аламышликской микроплощадках. Для сопоставления характера проявления вертикальных современных движений с сейсмичностью составлены карты эпи-

центров землетрясений с $K \geq 9$ в радиусе 100 км от центральной части измеряемых микроплощадок. Подсчитано количество землетрясений по годам в зависимости от их энергетического класса.

Для Таваксайской микроплощадки связь количества землетрясений и высвободившейся от них энергии с интенсивностью вертикальных движений земной поверхности не столь очевидны. При этом землетрясения с $K < 10$ не коррелируются с характером движений земной поверхности. В Южно-Аламышикской микроплощадке суммарное количество высвободившейся энергии сопоставимы с аномальными движениями земной поверхности, хотя землетрясения с $K < 11$ не отражаются на характере движений реперов, располагающиеся в различных морфоструктурах.

В целом, анализ фактов по вышеотмеченным микроплощадкам показал на слабую закономерную связь деформационных и сейсмических процессов.

А.Р.Ярмухамедов^{х)}, Д.Х.Якубов^{х)}, Саттаров^{х)}, М.К.Курбанов^{хх)}, С.Тагиев^{хх)} (^хТашкент, ^{хх}Ашхабад, Москва)

СОВРЕМЕННАЯ И МОЛОДАЯ ТЕКТОНИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ЗЕМНОЙ КОРЫ ЮГО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ СРЕДНЕЙ АЗИИ

Исследуемый район включает юг Туранской плиты и часть Альпийского орогенного пояса - Копетдаг.

На основании результатов исследований авторов и известных геолого-геоморфологических, геофизических, геодезических данных проведено морфоструктурное районирование. При этом авторами были дешифрованы разномасштабные топокарты, аэрокосмоснимки и проведено радиометрическое профилирование различных морфоструктур с учетом геолого-геоморфологического строения их. На основе этих данных выделены разноранговые (космо-, топо-, сейсмо-) линеаменты, глыбы и узлы; определены тенденции (направленность) молодых движений с выделением районов поднятия, преобладания поднятия над опусканием, слабо и отчетливо выраженные относительные опускания. Эти тенденции молодых движений не четко совпадают с результатами повторных нивелировок, хотя коэффициенты корреляции скоростей современных движений с амплитудами новейших движений составляют для Караку-

мов - 0,7, Копетдага - 0,8. Разрывные дислокации всех рангов участками проявлены как активные ограничивая районы различной тенденции движения. Весьма контрастные молодые и современные (деформации земной поверхности, сейсмичность) движения проявляются в зоне сочленения Копетдага с Туранской плитой. На Копетдагском мегаблоке, характеризующемся тенденцией воздымания широко развиты сейсмодислокации различного типа, которые указывают на сеймотектоническую активность в плейстоцен-голоцене.

Молодая и современная тектоническая мелкоблоковость земной коры северо-западной Туркмении обусловлена проявлением ослабленных зон северо-западной меридиональной ориентировки, ограничивающих районы различной тенденции движений. Эти районы не совпадают с направленностью современных движений по геодезическим данным. Аналогичная картина проявления молодых и современных движений отмечается и на востоке Туркмении. В Центральных Каракумах отчетливые контрастные проявления молодых и современных подвижек земной поверхности не выявлены, хотя имеются локальные участки прогибания и густая сеть линеаментной трещиноватости. Проявление естественных выходов гидротермы, термальных вод и рассолов, грязевых вулканов в районах Прикарабогазгола, Челекена, Кумдага, Небитдага, Каракала, Арчамана, Бахардена и других пунктах указывают на голоценовую и современную тектоническую активность Туркмено-Хорасанской и Прибалханской зон. При этом разгрузка и выброс глубинных флюидов (газов, воды) в виде грязевого вулканизма, естественных выходов термальных вод и рассолов, богатыми газами и рудными компонентами (бор, железо, болм и др.) приурочивают к узлам пересечения разломов (линеаментов). Последние являются ослабленными и весьма проницаемыми участками, по которым происходит вертикальная (снизу вверх) миграция флюидов и гидротерм. Именно в узлах пересечения линеаментов по данным режимных геодезических измерений устанавливаются интенсивные вертикальные (и горизонтальные) подвижки мегаблоков и блоков земной коры. В этих же узлах повышенные значения гамма-поля и сейсмической активности.

В целом мегаблоки и блоки юго-запада Средней Азии имеют различную тектоническую активность.

Г.П.Яроцкий, В.Д.Дмитриев (Петропавловск-Камчатский, СССР)
ДВИЖЕНИЯ И ДЕФОРМАЦИИ ПЕРЕХОДНОЙ ЗОНЫ (НА ПРИМЕРЕ КАМЧАТКИ)

Зона состоит из нескольких продольных блоков с разными типами земной коры, входящих в состав Охотоморской плиты, затронутой поперечными расколами, с закономерным чередованием обстановок сжатия-растяжения. Сжатия до глубины 50-60 км установлены под Восточными полуостровами, растяжения - под заливами. На границе взаимодействия двух плит в условиях сокращения мощностей земной коры и глубин сейсмофокальной зоны происходит рост скоростей современных движений, обусловленных подъемом погребенного вала, выраженного на глубине в рельефе меловых (0,5-1,0 км) и домеловых (3,0-4,0 км) образований. Близгоризонтальное сжатие между плитами вызывает формирование чешуйчато-надвиговых структур и выжимание клиновидных блоков, а не их "засасывание". Под полуостровом прослеживаются два астеносферных выступа и зоны повышенной электропроводности земной коры, обусловившие глубинные продольные разломы. Вулканические пояса наложенно-унаследованные с максимальным накоплением вулкаников в лежащих крыльях разломов. Глубины смены геодинамических обстановок, судя по "корням" вулканических структур сокращаются в направлении к мониторингу. На дневном срезе плотность сейсмообвалов возрастает в надразломных грабенах в зонах линейных и кольцевых разломов. Переходная зона вкост Камчатки испытывает распад структур с общей тенденцией к опусканиям, с седловинами-сводами по оси полуострова, отстающими в погружении. Рассмотренные сводово-глыбовые (клавишные) деформации Камчатки и показатели активной геодинамики на границе взаимодействия двух плит - основа для дальнейших сейсмологических исследований на разных срезах.

Сдано в набор 29.08.89

Подписано в печать 04.09.89

Формат 60x90 1/16

Печать офсетная

Усл. печ. л. 12,75

Усл.кр.-отт. 12,81

Уч.-изд. л. 10,79

Тир. 300 экз.

Зак. 6497

Производственно-издательский комбинат ВИНТИ
140010, Люберцы 10, Московской обл., Октябрьский проспект, 403

18951