

Изучение глубинных особенностей Горного Алтая

А.Н. Дмитриев, А.Ф. Белоусов

Горно-Алтайский государственный университет, Объединенный институт геологии, геофизики и минералогии СО РАН

По мере наращивания данных о наличии на Алтае энергоактивных (иногда это ближе к понятию "энергочувствительности") зон [1], возникла необходимость выяснить ряд вопросов о свойствах нижнего полупространства в целом по региону. Выявленные отдельные энергочувствительные участки характеризуются не только повышенной встречаемостью светящихся образований [9,11], но и тем, что поведение геофизических полей выходит далеко за фоновые показатели [8, 9]. Такое сочетание нестандартных геофизических состояний и развитие разнообразных свечений в определенных геолого-структурных зонах свидетельствует об исключительности данного региона и в плане солнечно-земных взаимосвязей. Поэтому, в попытках обнаружить природные места и условия генерации вращающихся и спиральных форм светящихся образований требуется комплексный подход к изучению аномальных (по геофизическим полям) районов. Отметим, что как фоновые значения геофизических полей, так и их аномальные вариации изучаются известными и хорошо развитыми методами исследования.

В данной работе результаты исследования нижнего полупространства получены на основании данных гравитационной съемки, исследования космоснимков и наземных маршрутных наблюдений, а также экспериментов по магнитотеллурическому зондированию. Эти подходы в изучении глубинных особенностей Горного Алтая являются основополагающими в общей программе поиска природных источников генерации электромагнитных систем вращательного характера.

1. Энергоактивные процессы

Изучение Горного Алтая привело к обнаружению прямых признаков, характерных для энергоактивных зон. Более того, опрос (зондирование) состояния верхнего и нижнего полупространств Горного Алтая (за время 1965-1980 гг.) привел к весьма неожиданным результатам. Взаимная дополнительность в размещении роев гипоцентров землетрясений (на глубинах до 20 км и $K > 9$) и рои светящихся образований над хребтовой Катунско-Теректинской динамопарой свидетельствует о высокой специфичности геолого-геофизической среды данного региона [10,11,16].

Неоднократные свидетельства о вздымающихся прямо со скал светящихся "шаров", "бобов" "спиралей", "вращающихся колец" и пр. наводят на предположения о сильных электрогенерационных процессах на глубине. Наличие электромагнитного механизма сброса тектонофизических напряжений и строгая приуроченность этого механизма к определенным участкам геолого-геофизической среды требует определенных исследований, выявляющих картину глубинных обстановок. Одним из путей таких исследований является численный метод моделирования кровли астеносферы, а значит и подошвы литосферного основания. В связи с тем, что исследуемый регион был мало изучен геофизическими профилями, для выяснения специфики астеносферной кровли был проведен численный эксперимент на базе учета не уточненных значений толщин литосферы и гравитационной карты (1:1000000). Применение алгоритмов (по полиномам) позволило построить карту кровли астеносферы, которая имеет более качественное содержание, чем отображение действительной картины в надежных количественных величинах. Тем не менее и эта качественная картина оказалась весьма информативной в выяснении геоэнергетической специфики Горного Алтая.

1.1. Особенности астеносферы

Характер кровли астеносферы представляет собой основной источник информации не только о геометрии подошвы литосферы.

ры, но и о энергетических обстановках на границе лито- и астеносферных оболочек.

За основу построения карты кровли астеносферы (масштаба 1:1000000) были взяты мощности земной коры и данные гравитационной съемки. Независимо от сценария образования астеносферы, важно отметить одно, сложность аккумуляции и диссипации энергии на этих глубинах может создавать особые условия для режима горизонтальных и вертикальных энергоперетоков. Это тем более важно, что астеносфера образуется в условиях концентрации механических напряжений, где реализуются литосферные движения [5,6]. Такие условия характерны для районов с интенсивным разломобразованием. При этом положение в отношении образования астеносферы не требует постулирования сплошной жидкой гидродинамической среды (требование плитной тектоники). Возможность локальной генерации астеносферной среды косвенно поддерживает идею существования энергоактивных и энергопассивных зон [13,15,17].

В ключе проводимых исследований, энергоактивность Горного Алтая является производной от ряда причин, основная [3,7] из которых - это образование астеносферы в виде локальной зоны, характеризующейся повышенной сейсмичностью, электропроводностью и пониженными скоростями сейсмических волн [4,17]. Верхняя часть этой зоны сопрягается с трещинными зонами подошвы твердой коры и изменяется в пространстве поперек направления разломообразования в литосфере, где толщина литосферы пропорциональна расстоянию от трещинной зоны до точки измерения, выраженное в млн. лет.

Магнитотеллурический опрос широких, активных и молодых областей с прямыми признаками энергоактивных зон типа Кордильер Северной Америки и Карпато-Динаридского пояса дал следующие результаты [4,6]. Зона частичного плавления установлена на глубине 50-80 км с полной проводимостью около 4 тыс. См, обнаружена также и повышенная проводимость в 10^3 См, которую связывают с минерализованными флюидами. Для Кордильер проводимость мощной аномальной зоны земной коры доходит до 3 тыс. См. Так аномально высокая проводимость земной коры

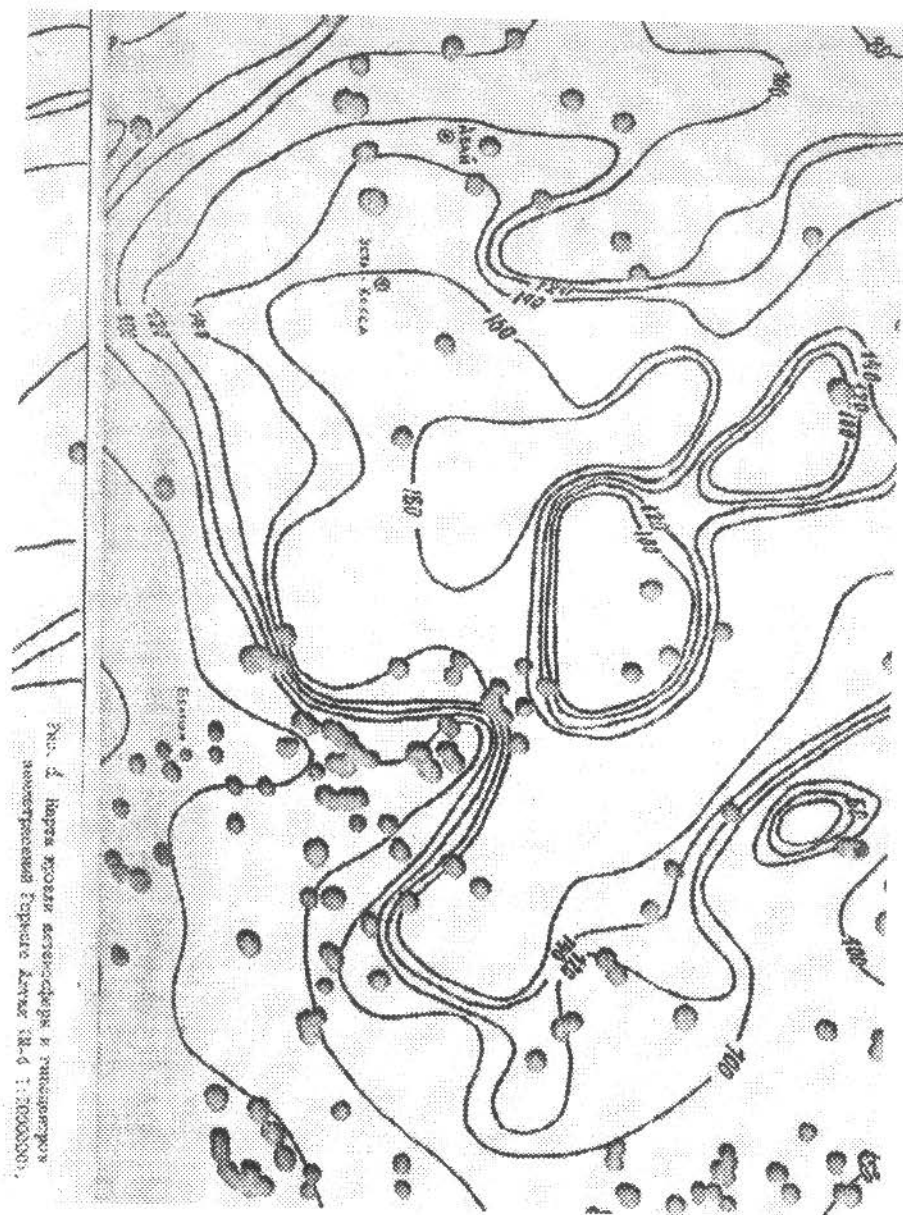
является не только показателем энергоактивности зоны, но и генерирует эффект экранирования, затрудняя магнитотеллурическое зондирование. Учитывая данный факт для начального ознакомления с кровлей астеносферы Горного Алтая, применен расчетный подход с привлечением данных мощности литосферы и гравитационной съемки.

1.2. Характер кровли астеносферы Горного Алтая

В результате картопостроения была получена карта кровли астеносферы (рис. 1), которая выявила сложный латерально неоднородный характер.

Прежде всего обращает на себя внимание факт подъемов и погружений кровли в виде отдельных пятен в среднем и северном Алтае: пятно вздымания кровли в северо-восточной части территории и крупного погружения в центральной (прикатунской) части. Характерно, что в целом глубины локализации кровли астеносферы в общем типичны для складчатых областей.

Более значительным и необычным представляется характер кровли астеносферы юга территории, где общее её поведение латерально становится мало изменчивым и имеет отчетливо широтное заложение. Еще более аномальным является факт резкого вздымания кровли астеносферы строго на юг с максимальной отметкой (вблизи границы с Монголией и Китаем) вздымания в 20 км. Такие отметки крайне не характерны для общегеологической позиции данного региона и представляют собой особо важную проблему для ее последующего разрешения. Этот характер вздымания кровли астеносферы может свидетельствовать о необычных геолого-геофизических процессах в нижних частях литосферы. Мощном разуплотнении вследствие локального "приповерхностного" плавления, что должно сказаться в повышенном термическом градиенте по направлению к основному пятну вздымания. Следует подчеркнуть, что в срезе портрета энергоактивности этого участка, местное население и пограничники отмечали неоднократные разнообразные и сильные акустические сигналы типа: скрежета, ударов, шуршания, гула, грохота, шума,



"вздохов" и др. Характерно и то, что в этих местах отмечается пониженная сейсмичность (рис. 1).

В связи с вопросом сейсмического сценария сброса тектоно-физических напряжений, карта кровли астеносферы показывает, что основные рои гипоцентров землетрясений приурочены к участкам максимальных градиентов подъема астеносферы (по направлению на юг). Особенно много сейсмособытий происходит в местах стыка подъема с интенсивным погружением. Общая картина соотношения гипоцентров землетрясений и рельефа кровли астеносферы свидетельствует о молодости кровли и о наличии интенсивных современных движений.

Следует также подчеркнуть, что основные рои встречаемости светящихся образований в верхнем полупространстве локализуются основной своей частотой над погруженной частью кровли астеносферы и со слабыми градиентами ее вздымания и погружения. При этом надо иметь ввиду и гелиочувствительность территории.

Так геоэффективная вспышка 21-23 октября 1981 года, вызвавшая очень большую геомагнитную бурю (с К -индексом равным 9), выявила, что максимальный отклик верхнего полупространства по северному полушарию был над Теректинским хребтом [8, 10], где и регистрируется максимальная частота встречаемости светящихся образований [11].

В связи со столь неожиданным характером кровли астеносферы потребовалось решить ряд первоочередных задач.

1.3. Два направления исследований

Поскольку энергоактивная зона Горного Алтая не представляется монотонной по интенсивности и качеству, а является довольно мозаичной, то наше внимание было сосредоточено на двух основных направлениях:

а) изучение современных вертикальных перемещений, с целью выявления наиболее значительных участков и их пространственного размещения;

б) изучение состояния глубин с помощью магнитотеллурического опроса отдельных точек региона с контрастными характеристиками по сейсмичности и частоте встречаемости свечений.

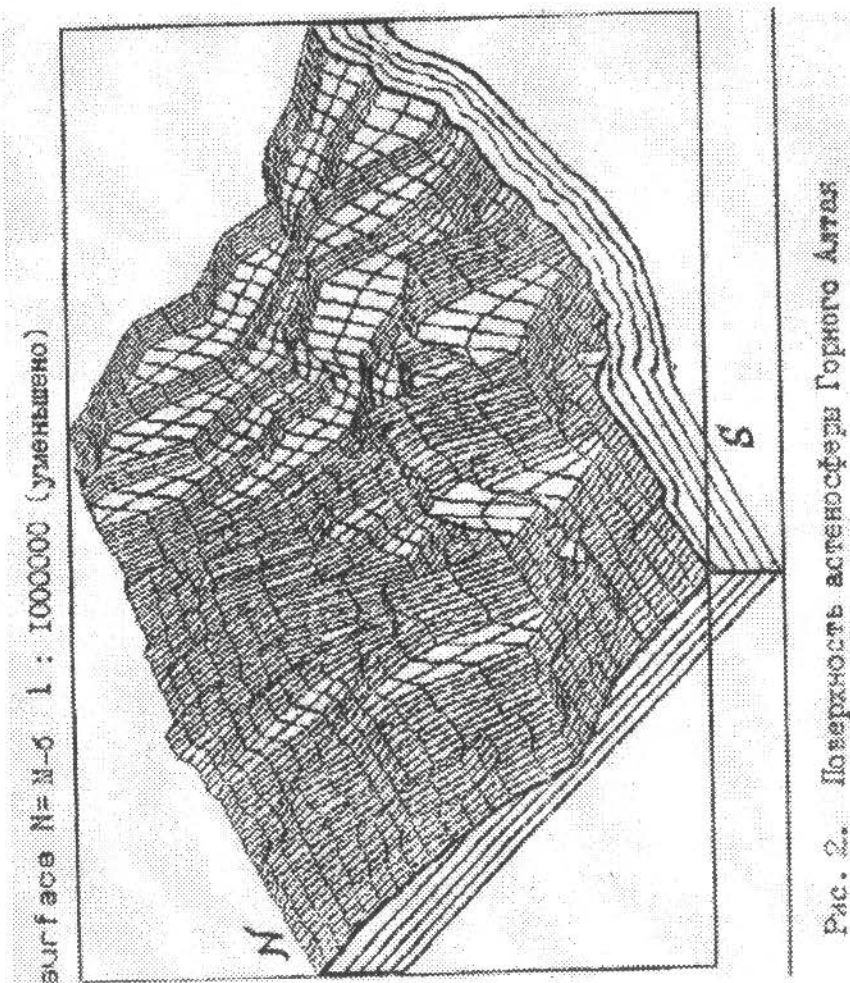


Рис. 2. Поверхность астеносферы Горного Алтая

Направление исследований по изучению вертикальных движений опиралось как на результаты анализа характера кровли, так и на анализ аэрокосмических снимков. Кроме того, были со-

вершены экспедиционные специальные маршруты с целью наблюдения на местности геоморфологических и морфотектонических особенностей отдельных активных и пассивных участков. Результаты этих исследований изложены в последующем разделе.

Магнитотеллурическое зондирование, впервые намеченное и осуществленное на территории Горного Алтая, опиралось на комплекс результатов исследования. Принималось во внимание: тектонические и геологические карты, геоморфологическое районирование, карты сейсмичности (эпохи 1989 года), карты светящихся образований (эпохи 1985 года). Выбор точек пробного зондирования глубин (за 20 км) производился с учетом «минимаксного» принципа: при минимальном числе точек опроса получить максимальную информацию о состоянии среды.

Эти общие постановки задач на базе приборных регистраций и анализа новейших данных по изучению геолого-геофизической среды позволили, выявить точки особого энергетического состояния, где генерируются известные и неотожествленные светящиеся образования в атмосфере и ближнем космосе. Такие точки могут применяться как для особо ценного мониторинга аномального поведения геофизических полей, так и для выяснения деталей солнечно-земных взаимосвязей. Кроме того, именно в этих точках может быть осуществлен поиск новых видов физических и геофизических эффектов связи с вертикальным энергоперетоком, и наличием спиральных и вращающихся электромагнитных систем.

2. Региональный анализ морфотектонических структур Алтая

В связи с отмеченным ранее несовпадением основных зон атмосферных свечений и зон повышенной сейсмоактивности на юге Горного Алтая, представляло интерес сопоставить локализацию их с неотектонической структурой региона. Для этого была сделана попытка откартировать основные неотектонические (активные морфотектонические) элементы. На данном этапе проведено (А.Ф. Белоусовым) дешифрирование спутниковых фотоснимков масштаба 1:2500000 с параллельным анализом топокарт масштаба 1:1 000000 и рекогносцировочными полевыми наблюдениями.



Рис. 3. Схема основных морфотектонических элементов Горного Алтая и смежных регионов (по данным дешифрирования космоснимков)

Условные обозначения:

- 1 - зоны предгорных равнин, низко- и среднегорья;
- 2 - зоны высокогорья (гольцовая и альпийская);
- 3 - основные активные разломы, выраженные линейными уступами в рельефе (штрихи в сторону опущенного крыла);
- 4 - активные разломы без значительной вертикальной составляющей.

Основные высокогорные хребты:

А - Абаканский, Б - Вацелакский, ЗТ - Западный Танну-Ола, И - Иолго, Ка - Катунский, Ко - Коргонский, Ку - Курайский, МА - Монгольский Алтай, Са - Саянский, СТ - Сарымсакты-Тарбагатай, Су - Сумультинский, СХ - Сайлыгхем-Тайга, СЧ - Северо-Чуйский, Т - Теректинский, Х - Холзун, ЦШ - Цаган-Шибету, Ш - Шапшальский, ЮА - Южный Алтай, ЮЧ - Южно-Чуйский.

Подтверждена ранее отмечавшаяся для основной части Горного Алтая (по орографии и ориентировке гидросети) субширотная морфотектоническая структура. Она является общей для всей Горноалтайско-Зайсанской провинции и аналогична морфотектонической структуре соседней провинции Западного Саяна - Тувы. Эти геоморфологические провинции разделены субмеридиональным неотектоническим поясом, который протягивается от Монгольского Алтая и Западной Монголии в Прителецко-Верхнеабаканский район и далее к северу. На востоке Горного Алтая и западной окраине Западного Саяна и Тувы наблюдается схождение и соединение разных систем морфотектонических элементов - субширотных и субмеридиональных. Примечательно, что эти районы отличаются повышенной современной сейсмичностью. Таким образом, устанавливается определенная крупнорегиональная форма связи сейсмической активности с морфотектоникой.

На космofотоснимках четко дешифрируются два типа линейных (спрямленных) морфотектонических элементов.

1. Региональные разломы с крупноамплитудным уступом в рельефе и спрямленной подошвой уступа. Они отделяют на протяжении в десятки километров и больше гольцово-альпийскую

зону от средне- и низкогорной (горпотаежной, внутригорных степей), и кое-где последнюю от предгорной. В зоне уступа превышение рельефа поднятия над подошвой достигает 1 км и более. Эти линеаменты одновременно несут черты ослабленных зон дробления, локализуют на себе цепи эрозионных врезов. Кинематические типы этих разломов, по-видимому, равнообразны (сбросы и взбросы, частью с существенной сдвиговой составляющей).

2. Региональные разломы с ослабленными к эрозии зонами, без площадной вертикальной составляющей, существенно сдвиговые и, возможно реверсивные.

Те и другие линеаменты представляют собой скорее всего зоны сближенных активных сместителей - элементарных разломов. Оба типа активных зон разломов показаны на морфотектонической схеме (рис. 2).

Линейные уступы на границах гольцово-альпийской зоны четко дешифрируются на весеннем (5 мая 1978 г.) космофотоснимке, когда средне- и высокогорная зоны уже практически обтаили, а гольцово-альпийская (выше 2000 м) еще не освобождена от снежного покрова.

Вне зон активных разломов первого типа контур гольцово-альпийской зоны столь четко не локализован, имеет сильно изрезанный или расчлененный вид, и эти участки, по-видимому, отвечают нормальным "пликативным" пологим склонам неотектонических поднятий без крупноамплитудных активных сбросов или взбросов. Поперечные размеры отдешифрованных зон поднятия - десятки километров.

2.2. Субширотные структуры

В субширотной морфотектонической структуре Горноалтайско-Зайсанской провинции обращает на себя внимание орографическая асимметрия почти всех основных гольцово-альпийских поднятий. Поперек зоны поднятия рельеф повышается в сторону линеаментного уступа, куда смещены и господствующие вершины. Отсюда рельеф резко спадает к следующему блоку, а затем идет повышение до зоны следующего уступа. Подобная законо-

мерность проявлена в хорошо изученных других орогенных областях с параллельно-упорядоченной морфотектоникой. Так в провинции Бассейнов и Хребтов Северной Америки аналогичную асимметрию имеет неотектонические хребты шириной в первые десятки километров. Активный разлом -- нормальный сброс или обратный сброс (взброс), который смещает поверхность и слои четвертичных отложений, -- называется в этом случае фронтом хребта (range-front) [18].

Фронтальная зона хребта около линейного уступа (разлома) поднимается наиболее активно, накапливая избыток потенциальной энергии силы тяжести, а под уступом поперек его возникает значительный горизонтальный градиент давления в породах коры. Перепад литостатического давления под уступом между хребтом и впадиной в нашем случае может составлять до 0,25 кбар и более.

Возвращаясь к общему неотектоническому плану Горноалтайско-Зайсанской провинции, отметим, что в субширотной морфотектонической структуре провинции вырисовывается еще одна региональная закономерность: большинство линейных орогенных уступов обращено на север. Такая экспозиция орогенных фронтов может быть увязана с общим потоком верхнекоровых масс от субширотной Тянь-Шаньской горной системы Средней и Центральной Азии в сторону Западно-Сибирской низменности. Градиент давления этого естественного предполагаемого потока должен суммироваться с отмеченным выше градиентом перепада давлений под резкими орогенными уступами северной экспозиции.

Примечательно, что гипоцентры землетрясений концентрируются чаще с северной стороны перед линейными фронтами поднятий (северный фас Сарымсакты-Тарбагатай-Горноалтайского, Холзунского, Северо-Чуйского поднятий), реже перед фронтом с южной стороны (Курайское поднятие). Намечается приуроченность землетрясений к линейным поясам повышенного градиента литодавлений, связанного в основном с гравитационным перепадом рельефа.

В общем, подавляющее большинство инструментально зарегистрированных малоглубинных землетрясений в Горном Алтае, Зайсанском поясе и на западе Тувы приурочено к межгорным

впадинам, что говорит в пользу того, что землетрясения здесь являются в основном откликом на перепады литодавлений, связанные с контрастным тектоническим рельефом. В некоторых местах повышенная сейсмичность распространяется и на поднятия (Северо-Чуйское, Шапшальское). Последнее можно связать с функционированием существенно сдвиговых активных разломов. Можно допустить, что гравитационные подвижки по разломам в некоторых случаях играют триггерную роль для горизонтально-сдвиговых перемещений, связанных с региональным течением масс, и наоборот.

2.3. Сеймопассивные и сеймоактивные блоки

Изложенные результаты предварительного изучения подтверждают конструктивность моделей, в которых сеймотектоническая система делится на сеймопассивные (где сохраняется не достигшее предела прочности напряженное состояние блока земной коры) и разделяющие их сеймоактивные зоны с высокими градиентами и концентрацией напряжений, приводящей к разрывам и сейсмической релаксации напряжений. В нашем случае сейсмическая релаксация оттеснена в основном во фронтальные зоны поднятий и в межгорные впадины, а также в зоны региональных сдвигов. Гольцово-альпийские поднятия региона в основном асейсмичны.

Выделенные активные разломы своей значительной протяженностью отвечают разломам глубинного заложения, что подтверждается данными гравиметрии и магниторазведки. Так, разломы, ограничивающие Коргонское, Холзунское и Южно-Алтайское поднятия, западнее, в Рудно-Алтайской зоне у Змеиногорска, Лениногорска и Маймы, трассируются (в основном по аномалиям силы тяжести) как зоны субширотных глубинных разломов, поперечных к основному простиранию геологических структур палеозоя. По данным ПГО "Запсибгеология", по гравинаномалиям они квалифицированы как зоны глубинных разломов (северная граница Холзунского поднятия и граница Северо- и Южно-Чуйского выступов). Северный уступ Коргонского, южные уступы Теректинского и Курайского хребтов совпадают с долгоживущими глубинными разломами, разделяющими региональные структурно-формационные зоны.

Таким образом, под рассматриваемыми линейными уступами и сдвиговыми линеаментами в общем случае продолжают значительную глубину повышенные градиенты плотностей и давления поперек разломов, способствующие концентрации напряжений и проявлению сейсморазрывных подвижек. Естественно предполагать продолжение на значительные глубины по разлому ослабленных зон дробления с повышенной проницаемостью для воды и других флюидов, влияющих на деформационные и прочностные свойства горных пород.

В морфотектонической структуре Горноалтайско-Зайсанской провинции выявляется еще одна, причем довольно специфическая, особенность -- наличие протяженной субширотной осевой цепи грабенов (Кош-Агачская и Уймонская степи -- Уймонская степь -- Коксинская и Убинская впадины). На большей части эта цепь впадин сейсмоактивна. С юга зона грабенов окаймлена фронтами хребтов (уступами) обычной северной экспозиции, а с севера -- уступами аномальной для региона южной экспозиции. Протяженность цепи грабенов -- около 500 км. С учетом этого неотектоническая орогенная структура провинции может быть увязана в систему субширотного ассиметричного рифта с сильно приподнятым южным плечом (Южный и Монгольский Алтай, Катунский и Холзунский хребты) и менее поднятым северным. Таким образом, Горноалтайско-Зайсанская геоморфологическая провинция может быть представлена как своеобразная суперпозиция ("гибрид") параллельно-упорядоченного орогена с осевым обрушением.

На карте (рис. 1) аномалий гравитационного поля, нормальное значение которого определено с поправкой на имеющиеся расчетные мощности земной коры, сводовой части описанного рифта соответствует региональная субширотная положительная аномалия, которая вдоль осевой линии грабенов (Усть-Кокса -- Кош-Агач) осложнена относительными минимумами с малым положительным или отрицательным значением поля.

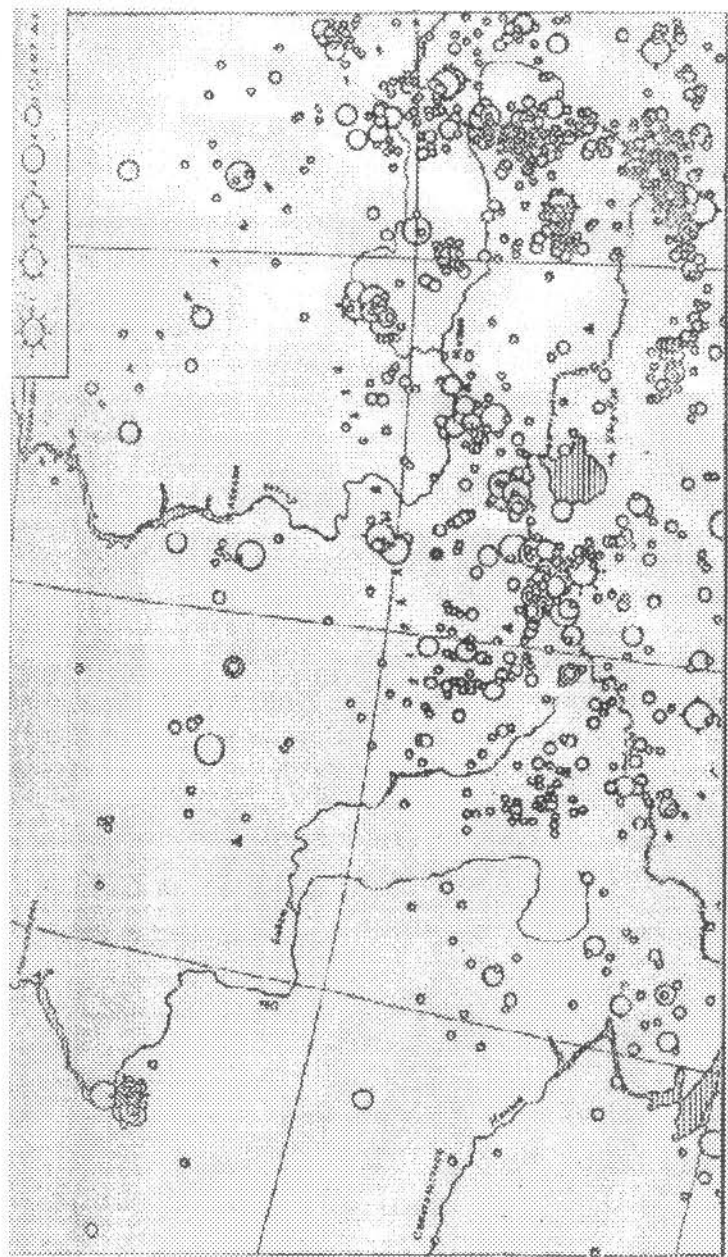


Рис. 4. Карта изогров землетрясений Алтае-Саянской области с $K > 9$ за 1963-1972 г.
(энергетические классы: 1 - $K=16$; 2 - $K=14$).

К южному плечу рифта приурочены гравитационные максимумы Катунского к Южно-Чуйского хребтов, а к северному - максимумы Теректинского и Курайского. Таким образом, выявленный активный Горноалтайский рифт получает подтверждение как региональная структура глубокого заложения. Гравитационные максимумы вблизи оси структуры при этом естественно увязать с поднятыми блоками подкоровых мафитов и ультрамафитов, а осевой минимум - с разуплотнением вещества (термическим, фазовым, тектоническим).

В связи с новым толкованием неотектонической структуры провинции интересны недавно полученные данные о резко аномальном подъеме кровли астеносферы под Катунским хребтом (рис. 2) сразу к югу от осевой зоны обрушений. Появляется возможность представить восходящий глубинный массо- и энергоплеток под ассиметричным рифтом моделью плюмажа, отклоняющегося к северу.

2.4. Региональная модель поля девиаторных напряжений и сейсмичность

Поле сейсмогенерирующих (девиаторных) напряжений в регионе можно представить как суперпозицию трех составляющих:

1) компонента общерегионального сжатия в субмеридиональном направлении, сопряженная со сползанием масс верхней коры на север, что устанавливается по субширотному плану неотектонических поднятий и по северной экспозиции фронтов большинства поднятий;

2) компонента сдвига, в основном субмеридионального, устанавливаемая по активным сдвиговым линейам в восточной части Горного Алтая;

3) девиаторные напряжения, связанные с градиентами силы тяжести (энергии рельефа) в субмеридиональных профилях, между основными неотектоническими поднятиями и разделяющими их впадинами, включая цепь осевых грабенов. Заведомо максимальные градиенты силы тяжести и, вероятно, повышенные девиаторные напряжения имеют место в полосе фронтов поднятий,

а минимальные - на сводах поднятий и их пологих тыльных склонах.

Выше было обращено внимание на повышенную сейсмичность основных сдвиговых линеаментов, а также полос перед фронтами основных поднятий и в осевых грабенах. На карте распределения гипоцентров землетрясений ясно видно, что общий спад с сейсмичности идет от наиболее приподнятой области южной части Горного Алтая на север, а также от горной части к западным предгорьям.

2.5. Морфотектоническая локализация низкоатмосферных свечений

Проведенный предварительный морфотектонический анализ территории позволяет уточнить вопрос о региональной локализации аномальных атмосферных свечений на юге Горного Алтая, которые, обычно избегают сейсмоактивных зон [9]. Обращает на себя внимание, что уникальный район повышенной концентрации низкоатмосферных свечений тяготеет к наиболее приподнятой части Горного Алтая. Из сопоставления карты зафиксированных атмосферных свечений и морфотектонической схемы следует далее, что на юге Горного Алтая они локализуются в основном над гольцово-альпийскими поднятиями (Холзун, Катунский, Теректинский, Южно-Чуйский хребты). Там, где наблюдения велись систематично, локализация свечений над гольцово-альпийскими поднятиями даже более отчетлива, чем асейсмичность этих поднятий. Антагонизм между сейсмичностью и свечениями на самих поднятиях подтверждается тем, что на Северо-Чуйском и Курайском хребтах с их повышенной сейсмоактивностью свечения отмечаются редко, несмотря на то, что эти хребты хорошо видны из населенной долины р. Чуи. Для подтверждения, однако, нужны более регулярные наблюдения.

Можно предположить, что аномальный ареал низкоатмосферных свечений связан с некими уникальными особенностями электромагнитного режима недр наиболее поднятой южной части Горного Алтая.

С этой точки зрения следует обратить внимание на отмеченные выше новые данные об уникально высоком положении кровли астеносферы в этом районе. В дальнейшем следует попытаться осмыслить возможные особенности структуры носителей электромагнитного поля коры в этом районе, чтобы подойти к интерпретации обособления блоков со свечениями от сейсмоактивных.

3. Результаты магнитотеллурического зондирования

Интерес к глубинному строению и состоянию Горного Алтая, как гелиочувствительной энергоактивной зоны закономерен. Но особую важность зондирование геофизических полей на глубину до 30 км имеет в связи с обнаружением особых точек, где поведение геофизических полей далеко выходит за фоновые состояния [13,14]. Поэтому магнитотеллурическое зондирование нижнего полупространства в районе локализации таких точек является наиболее предпочтительным.

3.1. Выбор конкретных точек зондирования

В соответствии с возможностями и требованиями метода магнитотеллурического зондирования (МТЗ) нами был осуществлен выбор конкретных точек опроса. При этом руководствовались следующими положениями:

- заложение точек зондирования должно не выходить за пределы исследуемой территории Горного Алтая;
- пробные замеры следует осуществлять в энергоактивных и относительно энергопассивных точках зоны;
- точки зондирования должны локализовываться в существенно различно ориентированных геоструктурных единицах.

В качестве показателя энергоактивности района (участка, точки) принималась частота встречаемости геофизически интерпретируемых светящихся образований. В структурном отношении руководствовались широтно-меридиональным признаком ориентации основных хребтовых структур. На основании высказанных положений и были выбраны Турочакский и Усть-Коксинский районы исследований; причем для первого района характерно ме-

ридиональное заложение хребтов, а для Усть-Коксинского -- широтное (схема разломов, рис 3).

Эксперимент (проводившийся с 7 по 20 августа 1991 г.) был поставлен сначала в Турочакском районе вблизи сейсмостанции Артыбаш. Точка зондирования была выбрана на берегу Телецкого озера в 300 м от крутого вздымания Хребтового отрога. В районе Артыбаша, несмотря на большую наблюдательную возможность, было собрано всего несколько свидетельств о приземных и высоких свечениях — поэтому данная точка принималась как "точка в энергопассивном участке". Вторая точка опроса была заложена в Усть-Коксинском районе, село Верх-Уймон (в 6 км вверх по р. Оккол, бывшая заимка Давыдкина). В этом месте локализуется "Молниебойный Хребтик", на котором обнаружена и изучена точка с высокоаномальным поведением геофизических полей [10] и наблюдалось образование светящегося шара (диаметром около 8 метров) прямо над поверхностью промежуточной вершинки. Эта точка принималась как "точка в энергоактивном участке". Она также располагалась в 300 м от крутого вздымания "Молниебойного хребтика" на лугу.

Расположение аппаратуры относительно ближайших возвышенностей было примерно одинаковым, одинаковым был и почвенный покров и прилежащий березняк. Характерно также, что точки зондирования располагались вблизи глубинных разломов.

В обоих случаях чувствительность каналов: для магнитного поля составляла - 4.7 нТл, что эквивалентно отклонению луча на осциллографе 160 мм, при полном "размахе" ленты в 200 мм; для электрического канала чувствительность составила 4 мВ (что соответствует 84 мм).

Отметим, что кривые КПК вариаций подвергались ручной обработке, было отобрано по 10-12 значений магнитных и электрических каналов, обработка полученных результатов проводилась с учетом образца магнитотеллу로그램 на КП у д.Озерки (Новосибирская обл.).

Эксперимент был проведен под руководством и с участием д.т.н. В.В.Кузнецова, с любезного согласия которого мы приводим нижеследующие результаты.

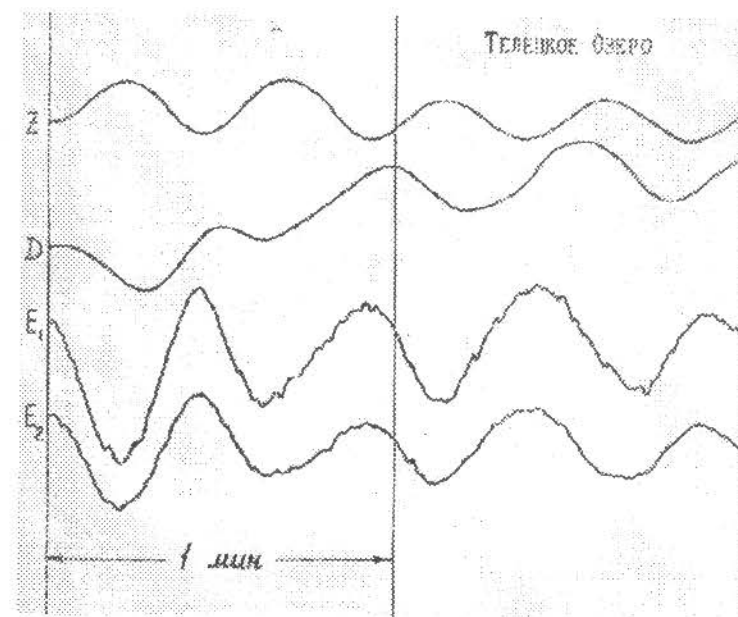


Рис.5. Запись магнитных (Z, D) и электрических (E₁, E₂) компонент теллурического поля

3.2. Результаты зондирования

Средние значения периодов КПК-колебаний совпадают.

И в том и в другом случае они равны примерно 27-28 сек. Величина северной компоненты магнитного поля в первом случае равна: D=0.4 нТл, во втором случае D=0.34 нТл. Восточная компонента электрического поля: в первом случае - E₂=0.75 мВ, во втором - E₂=0.27 мВ. Разность фаз между колебаниями электрического поля и магнитного, в первом случае составляет 5.5 с, что примерно соответствует 70 градусам, во втором случае сдвига фазы между колебаниями практически не наблюдается (рис. 5,6)

Величины кажущегося удельного сопротивления, оцененные по формуле:

$$\rho_T = 0.2T \{ Z_n \}^2$$

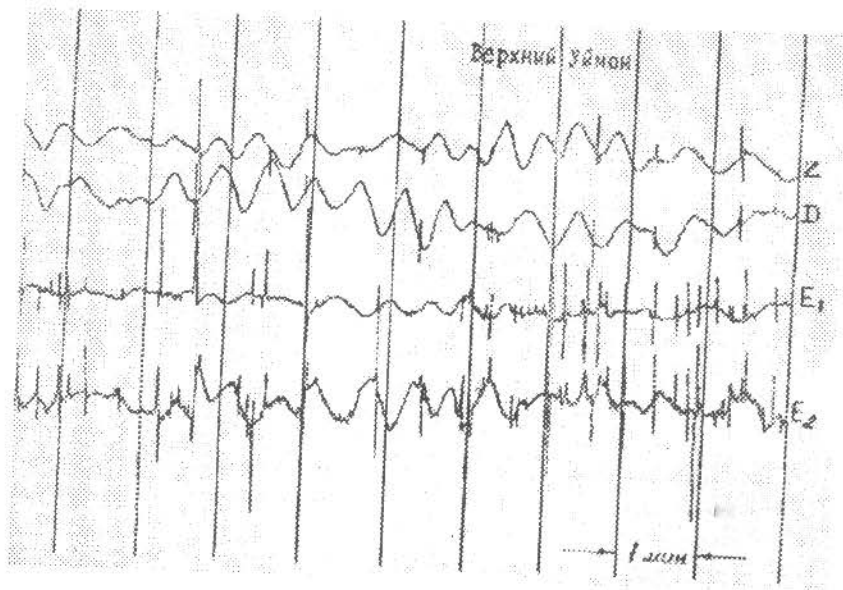


Рис.6. Запись магнитных (Z, D) и электрических (E₁, E₂) компонент теллурического поля

(T - период вариаций в сек., Z_п -- импеданс ($= E_2 / 2$) в мВ/км нТ) оказываются заметно различными для этих районов: $Z_T = 1965 \text{ Ом м}$ - в районе Телецкого озера и $Z_T = 346 \text{ Ом м}$ - в районе Катунского хребта

Зная величину кажущегося сопротивления и период колебаний КПК, можно оценить связанную с этими параметрами глубину проникновения магнитотеллурического поля. Для используемого нами периода вариаций, составляющего примерно 0.5 мин. и оцененной нами величины кажущегося сопротивления $(0.35 - 2) \cdot 10^3 \text{ Ом м}$ порядок глубин проникновения вариаций составляет 30-100 км.

Вернемся к рис.6 на котором хорошо различимы импульсы как на магнитных, так и на электрических каналах. Для сравнения отметим: таких импульсов ни разу не отмечалось на записях сигналов в первой точке наблюдений. Во второй же такие импульсы появлялись после полудня и поздно вечером. Правда надо сказать,

что для окончательных выводов мы не располагаем достаточной статистикой: 2-3 дня наблюдений на каждой точке - этого, конечно, недостаточно.

Импульсы следуют с периодичностью от 2-3 до 10 в течение минуты. Импульсу двухполярные длительностью не более секунды (возможно короче, однако аппаратура не позволяла оценить длительность импульсов точнее). Электрический канал оказался чувствительнее для импульсов, чем магнитный: на магнитном регистрировались импульсы, обладающие высокой интенсивностью.

3.3. Обсуждение результатов

Вернемся к цели нашей работы. Мы предполагали провести измерения электрических и электромагнитных параметров в двух районах с разной степенью сейсмичности различающихся по наблюдаемым явлениям свечений. Предполагалось, что в том месте, где происходят часто свечения, должны быть отличные (от другой точки наблюдения) электрические характеристики горных пород. Нетрудно сообразить, что если в какой-то точке в глубине Земли происходит электрогенерация, то кажущееся сопротивление здесь должно быть меньше, чем в другом, где этого не происходит. Кроме этого, в той точке, где имеет место электрогенерация, возможно наблюдение ОНЧ ЭМИ, в том числе и импульсов, как это например, имело место в работе [2,12].

В пользу того, что замеченное нами явление существенно меньше кажущегося сопротивления в районе Катунского хребта, чем в районе Телецкого озера говорит и тот факт, что в случае меньшего сопротивления разность фаз между электрической модой и магнитной практически была равна нулю. А как следует например из [2] "... породы низкого сопротивления уменьшают, а породы высокого сопротивления - "увеличивают значения" (под Df понимается $Df = f_E - f_D$). Правда, с другой стороны, согласно [5]: "... пласты с пониженным сопротивлением проявляются ... увеличением фазового сдвига".

Таким образом, если следовать нашим предположениям, то обнаруженная нами особенность в определении кажущегося сопротивления и регистрации импульсов (если предположить, что

они имеют внутреннюю, эндогенную причину, а не являются промышленной помехой) находится в некотором качественном согласии с замеченной А.Н.Дмитриевым особенностью района Катунского хребта. Однако, утверждать подобное в настоящее время, по-видимому, пока нет достаточных оснований. Есть сомнения относительно того, что мы не могли попасть в область геоэлектрического разреза, в котором в зависимости от его типа "холодный" он, "промежуточный" или "горячий", кажущееся сопротивление на глубинах 30-70 км меняется на порядок-полтора [6]. Далее мы уже высказывали опасение, что обнаруженные импульсы могут быть и не глубинного происхождения. Ясно одно, что обнаруженная особенность требует проведения дополнительных исследований.

С другой стороны, если представить, что мы действительно "зацепились" за интересное природное явление, то его суть могла бы состоять в следующем... Представим себе, что оба района Алтая тектонически напряжены, но в одном напряжения разряжаются через землетрясения, в другом - через электрогенерацию. Возможно, что оба эти процесса взаимосвязаны (как например, это получается в нашей модели очага землетрясения), но в одних районах Алтая нет условия для развития процесса электрогенерации и, главное, для "выхода" результатов его "деятельности" на поверхность Земли. В других, наоборот, каким-то образом тормозятся процессы электрогенерации, но формируется ударная волна. В ключе наших предположений некоторый интерес представляло бы измерение величины атмосферного электрического поля (АЭП).

4. Выводы и предложения

Настоящую работу можно (и по-видимому должно) рассматривать как первый шаг в направлении исследования в области электромагнитных процессов (предвестников) сопутствующих (предшествующих) землетрясению. Как следует из обзора, этой проблеме уделено значительное внимание. Однако, можно заметить, что общим для большинства работ является то, что в них практически нет связи между рассматриваемыми процессами,

предполагаемыми предвестниками, и, процессами, происходящими в очаге землетрясения. В качестве примера, иллюстрирующего сказанное, сошлемся на то, что авторы, не подвергая сомнению сейсмоионосферный эффект, высказывают принципиально различные точки зрения на процесс передачи возмущения от твердой земли к ионосфере - акустические поля, либо электрические поля. Точно так же нет единого мнения относительно ЭМИ ОНЧ: выходит оно с больших глубин, или образуется на земной поверхности, и так далее. Нет ясности и с физикой процессов магнитных предвестников. Мы уже ссылались на [15], в которой и не предполагается связи между моделью очага и электромагнитными предвестниками.

Возможно, ударно-волновая модель очага землетрясения [12], окажется перспективной в плане исследований электромагнитных процессов, связанных с землетрясением, а также и с возможными предвестниками энергоактивности.

По результатам наших экспериментальных работ можно сделать ряд предварительных выводов:

1) возможно мы встретили некоторое новое явление, скорее, проявление явления, выразившееся в уменьшении сопротивления, разности фаз и генерации импульсов;

2) возможно, что имея мы в распоряжении вынесенную сейсмостанцию для регистрации микросейсм, а также ОНЧ приемник мы могли бы больше сказать о природе обнаруженных нами импульсов.

Сформулируем предложения дальнейших исследований. Оговоримся сразу, что реализация этих предложений находится в прямой зависимости от объемов финансирования будущих исследований.

Представляется целесообразным провести магнитотеллурическое профилирование по профилю Артыбаш -- Усть-Кокса (200 км) с четырьмя - пятью промежуточными точками.

Провести МТЗ в районе Верх-Уймон на различных КПК-частотах.

Провести там же одновременный мониторинг ОНЧ, сейсмического шума, вертикального теллурического зондирования.

* Установить комплекс, аналогичный предыдущему, в зоне возможного землетрясения, например, на сейсмостанции в Усть-Кане.

Энергоактивная зона Горный Алтай, согласно приведенных исследований, представляет собой регион особого геолого-геофизического значения, в котором обнаруживаются районы, площади и точки (аномальные микрогеологические объекты) с интенсивностью и вариацией геофизических полей, далеко выходящих за фоновые состояния геолого-геофизической среды. Поэтому качество процессов в нижнем полупространстве может обеспечить генерацию совершенно необычных электромагнитных систем (в том числе и вращательного характера), с которыми могут сочетаться совершенно новые, ранее ускользавшие от внимания процессы и явления в верхнем полупространстве.

Литература:

1. Баласанян С.Ю. Динамическая геоэлектрика. Новосибирск. Наука, 1990, 232 с.
- ✓ 2. Бердичевский М.Н. Электрическая разведка методом магнитотеллурического профилирования. М., Наука, 1968, 261 с.
3. Благовидова Т.Я., Жалковский К.Д., Мучная В.И., Филина А.Г., Цибульчик И.Д. Сейсмичность Алтае-Саянской области по инструментальным данным. Геолог. и геофиз. №11, 1988, с. 140-147.
4. Ваньян А.Я. Флюиды в земной коре и астеносфере по электромагнитным данным //Динамика и эволюция литосферы. М., Недра, 1984, с. 146-151.
- ✓ 5. Ваньян А.Ю., Бутаковская А.И. Магнито-теллурические зондирования слоистых сред. М., Недра, 1980, 227 с.
- ✓ 6. Ваньян А.Я., Дебабов А.С., Юдин М.Н. Интерпретация данных магнитотеллурических зондирований неоднородных сред. М., Недра, 1984, 197 с.
7. Воробьев А.А. Физические условия залегания глубинного вещества и сейсмические явления //Томск, изд. ТГУ, 1974, 271 с.

8. Дмитриев А.Н. Террокосмические сияния Горного Алтая. Новосибирск, 1988, 39 с. (Препр./ИГиГ СО АН СССР, №2).

9. Дмитриев А.Н., Буслов М.М. Электромагнитные признаки активизации глубинных разломов // Эндогенные процессы в зонах глубинных разломов. (Тез. докладов Всесоюзного совещ., ИЗК СО АН СССР). Иркутск, 1989, с.82-83.

✓ 10. Дмитриев А.Н., Скавинский В.Б., Новиков Г.Б. Локальные геофизико-геохимические исследования тектонофизических районов Горного Алтая. Новосибирск, 1989, 40 с. (Препр./ИГиГ СО АН СССР №20).

11. Дмитриев А.Н. Тектоно-физическая уникальность Горного Алтая // Катунский проект: проблемы экспертизы. Новосибирск, 1990, ч.2, с.13-15.

✓ 12. Кузнецов В.В. Ударно-волновая модель очага землетрясения. Новосибирск. 1990, 18 с. (Препр./ИГиГ СО АН СССР №8).

✓ 13. Моргунов В.А. К природе литосферно-ионосферных связей // Изв. АН СССР. Сер.Физика Земли, 1988, №5, с.80-87.

✓ 14. Нерсесов И.Л., Лук А.А., Журавлев В.К., Топоногов О.Н. Проблема информативности геофизических полей для целей прогноза землетрясений //Изв.АН СССР, Сер. Физика Земли. 1989, №12, с.19-33.

✓ 15. Оганесян С.Р. Локальные аномалии геомагнитного поля как возможные предвестники землетрясений //Ереван, изд. АН Арм.ССР, 1990, 211 с.

16. Поиск электромагнитных предвестников землетрясений / Под ред. Гохберга И.В. - М.: Институт физики Земли. 1988, 243 с.

17. Садовский И.А., Волховитиков Л.Г., Писаренко В.Ф. Деформирование геофизической среды и сейсмический процесс. М., Наука, 1987, 100 с.

18. Zhang P., Slemmons D.B, Mao F. Geometric pattern, rupture Termination and Fault segmentation of the Dixie Valley - Pleasant Valley active normal fault system, Nevada, U.S.A. J. Struct.Geol., 1991, v.13, №2, p. 165-176.