

орогенно-складчатых структур. Очаги приурочены к «горизонту» на границе сред с разной механической компетентностью пород, где происходит мгновенная разрядка тектонических напряжений. Наибольшее погружение этого «горизонта» в западной Чечено-Кахетинской части региона совпадает с субмеридиональной зоной наибольших погружений юрского и, возможно, более дреного бассейнов.

4. Глубокофокусные землетрясения локального зонально-очагового распространения связаны с глубинными разломами, структурами и особенно узлами их сочленения (пересечения).

Литература

1. Ананьин И.В. Сейсмичность Северного Кавказа. – М.: Наука, 1977. – 148 с.
2. Атлас землетрясений в СССР. – М.: Изд. АН СССР, 1962. – 337 с.
3. Борисов Б.А., Рейснер Г.И., Шолпо В.Н. Выделение сейсмических зон в альпийской складчатой области. – М.: Наука, 1975. – 139 с.
4. Бунин Г.Г. Роль блоковой тектоники в проявлении сейсмичности территории (на примере Дагестана) // ДАН СССР, 1971, т.197, № 2. – С. 411-416.
5. Кириллова И.В., Люстих Е.Н., Растворова В.А., Сорский А.А., Хаин В.Е. Анализ геотектонич. развития и сейсмичность Кавказа. – М.: Изд. АН СССР, 1960. – 340 с.
6. Маркус М.А. О связи глубинного строения с оруденением в Белокано-аварском районе (Восточный Кавказ) // Сов. Геология, 1977, №7. – С. 117-121.
7. Маркус М.А. Геологическое развитие Восточного Кавказа в юре // Геотектоника, 1984, № 3. – С. 53-68.
8. Маркус М.А. К вопросу о позднеальпийском тектогенезе Восточ. Кавказа // Сов. Геология, 1984, № 12. – С. 81-91.
9. Маркус М.А. Долгоживущие структуры Восточного Кавказа // Сов. Геология, 1986, № 10. – С. 63-69.
10. Милановский Е.Е., Хаин В.Е. Геологическое строение Кавказа // Изд. МГУ, 1963. – С. 357 с.
11. Никитин М.Ю. Неотектоника Восточного Кавказа // БМОИП, отд. Геол., т. 62, Вып. 3, 1987.
12. Общая характеристика и история развития рельефа Кавказа. – М.: Наука, 1977. – 278 с.
13. Рейснер Г.И. Геологические методы оценки сейсмической опасности. – М.: Недра, 1980. – 174 с.

Концепция двойного очага мезозойской геодинамической активности горного Дагестана и возможности ее использования при анализе сейсмических процессов

Н.К. Паливода, Б.А. Батыров
ИГ ДНЦ РАН

Проявления сейсмической активности чаще всего объясняют формированием разломов – эффектом мгновенного «вспарывания» пластов пород при снятии упругих напряжений в земной коре или другими причинами концентрации энергии в зоне очага землетрясения. Одновременно многими исследователями региональные разломы рассматриваются как магма и рудоконтролирующие системы. По представлениям подавляющего большинства геологов, размещение рудных проявлений и магматических тел в зоне Главного Кавказского хребта, сложенного юрскими песчано-глинистыми отложениями контролируется Главным Кавказским разломом и оперяющими его нарушениями. Основанием для этого вывода явилось довольно частое наложение жильной минерализации на дайки, что рассматривалось как доказательство генетической связи оруденения с магматизмом. Таким образом, стала очевидной последовательная связь геодинамической активности с разломами, проявлениями магматизма и оруденения.

Довольно стройная система «доказательств» связи разломов с магматизмом и оруденением, разрабатываемая уже многие десятки лет не всегда подтверждалась фактическим материалом. Детальное изучение разломов показало, что они полностью безрудны и не контролируют размещение рудных проявлений и даек магматических пород [1.5.]. Оказались также ошибочным представление о локализации рудных тел месторождения Кизил-Дере в зоне разлома, т.к. были выявлены типичные черты его осадочного прибрежно-морского и лагунного рудообразования [2.3.].

Важным моментом в познании генезиса руд было открытие в рудах признаков протекания экзотермических реакций образования сульфидов по карбонатам металлов. В процессе таких реакций кварц, карбонаты кальция и магния и частично сульфиды переходили в растворимое состояние, из которых над осадочными рудными телами формировались ореолы жильной минерализации [3.4.].

Подсчеты показали, что в ходе реакций из первичных осадочных руд могло быть переведено в растворимое состояние и вынесено в 5-10 раз больше вещества, чем оставшихся на месте сульфидов, а количество выделившейся при этом энергии было сопоставимо с крупным землетрясением. При этом были установлены признаки «взрывного» характера разгерметизации автоклавной системы сопоставимые с внедрением магматических пород. На этом основании был сделан вывод о близком механизме их образования и, что процесс внедрения жильных масс был одной из основных причин геодинамической активности региона [6].

Дальнейшие поиски зон геодинамической активности проводились нами в районе Главного Кавказского хребта, где современной эрозией вскрыты породы на глубину нескольких километров и, поэтому, здесь мы рассчитывали обнаружить «очаги» мезозойской геодинамической активности. В результате проведенных поисков были выявлены многочисленные дайки магматических пород, кварцево-карбонатных и рудных жил с признаками высокой скорости внедрения и разгерметизации («взрыва»)

флюидных масс. Особенно четко «взрывной» характер разгерметизации проявляется при переходе жильных тел по восстанию в зоны милонитизации и дробления пород. Здесь вокруг жильных тел и зон милонитизации образуется параллельная отдельность и трещины, ориентированные под углом 45° по отношению к дайкам и поверхности (Рис. 1,2,3).

Каких либо заметных смещений вмещающих пород по нарушениям, связанных с внедрением даек и жил не наблюдается, что также подтверждает «взрывной» характер процесса.

В результате обобщения материалов были высказаны соображения о времени внедрения даек и жильных образований, их температурные условия формирования и разгерметизации. Согласно этим выводам, в сейсмическом отношении наиболее активны геосинклинальные зоны сложенные осадочными породами с высоким энергетическим потенциалом, впервые вовлекаемые в метаморфические процессы.

Таким образом, собранный материал дал основание предположить, что мезозойская геодинамическая активность связана, в основном, с вертикальными восходящими перемещениями флюидных масс и, особенно с их разгерметизацией («взрывом») на глубине 2-6 км от поверхности [7].

После публикаций статей, затрагивающих проблему мезозойской геодинамической активности Дагестана, собран дополнительный материал, который позволил сделать новые и уточнить ранее полученные выводы о глубинах и последовательности протекания геодинамических процессов, роли региональных напряжений в формировании микроразрывов и причинах генерации различных волн на разных этапах развития очага.

Как нам представляется геодинамический процесс, по существу является довольно длительным и непрерывным процессом формирования двойного очага, который можно условно разбить на четыре стадии:

1. Первый очаг. На глубине, в тектонически-активных геосинклинальных зонах, в результате экзотермических реакций по осадочным породам формируются горизонты и локальные участки растворов-расплавов с низким удельным весом. По мере накопления флюида растет его подъемная сила и когда она превышает прочность вмещающих пород или происходит изменение региональных напряжений становится возможным всплытие (прорыв) флюидного «пузыря» к поверхности с многократным обрушением кровли и генерацией продольно-поперечных волн.



Рис. 1. Выходы песчано-глинистых отложений юры с безамплитудной зоной дробления мощностью 3 м, выполненной обломками вмещающих пород и милонитом.

За пределами склона нарушение прослеживается в рельефе более пышной растительностью на многие сотни метров. Субвертикальная зона сопровождается безамплитудными оперяющимися нарушениями, расположенными под углом 45° к основному и горизонту. Аналогичное наклонное нарушение обнажено в левой части снимка. Предполагается, что образование подобных безамплитудных микроразрывов связано с региональными напряжениями, подвергшимся дополнительным импульсивным (взрывным) воздействиям, направленным с глубины к поверхности под углом $40-50^\circ$ от очага разгерметизации флюида. Вид левого берега р. Буган по азимуту 60° севернее с. Кубачи.

2. Движение флюидного «пузыря» к поверхности протекает с нарастающей скоростью, вероятно достигающей 3-4 км/сек. и более, в результате увеличения объема при снижении литостатического давления и роста температуры флюида за счет внутреннего трения. При движении плоская кумулятивная струя образует прямолинейную трещину, рассекая на своем пути твердые включения, намного превосходящие прочность вмещающих пород. На этой стадии генерируется, преимущественно, поперечные волны.

3. Второй очаг – зона разгерметизации флюидного «пузыря» (2-6 км). При определении нижней границы возможной разгерметизации движущегося к поверхности флюида, мы исходили из поведения водной составляющей раствора-расплава при меняющихся давлении и температуре. Так, существенный рост удельного объема водной фазы флюида с температурой в 1000° С начинается с глубины 6 км и

здесь становится возможной его разгерметизация («взрыв»). При более низких температурах (400-500°C) такая разгерметизация системы возможна уже выше, в зоне перехода литостатического давления в гидростатическое (1,8-2,3 км). При разгерметизации в первом случае происходит выделение газовой-водной фазы и отделение газовой-паровой во втором с выпадением твердого вещества. Твердое жильное вещество остается на месте, цементируя стенки вмещающих пород, а выделившаяся газовая-водная фаза над жильными телами образует вертикальные безамплитудные нарушения до 3-5 м мощности, выполненные дробленой кассой вмещающих пород и милонитом. Подобные зоны в песчаниках ошибочно относят к нептуническим дайкам. Кроме того, во вмещающих породах прилегающих к дайкам формируется параллельная отдельность мощностью 1-1,5 м и многочисленные безамплитудные нарушения, расположенные под углом 45° к дайкам и сопровождающим их зонам дробления. Это дает основание предполагать, что в этот этап формирования второго очага была выделена основная часть энергии, а сам процесс носил «взрывной» характер и генерировал, преимущественно, продольные волны (Рис.4).

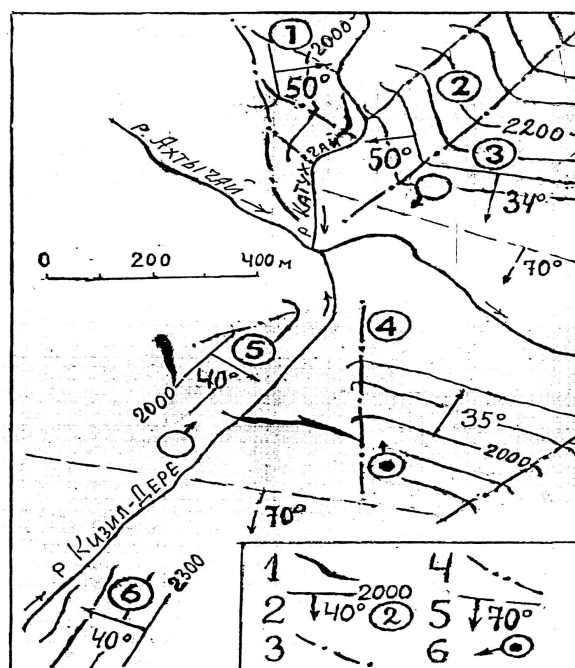


Рис. 2. Схема расположения обнаженных плоскостей микроразрывов на рудном поле Кизил-Дере.

1 – рудные тела месторождения Кизил-Дере; 2 – обнаженные плоскости микроразрывов с изолиниями высот, углами падения склонов и их номерами; 3 – водоразделы между сопредельными плоскостями микроразрывов с расланцеванием, слоистостью и трещиноватостью; 5 – элементы залегания регионального расланцевания; 6 – место и направление фотографической съемки противоположных склонов.

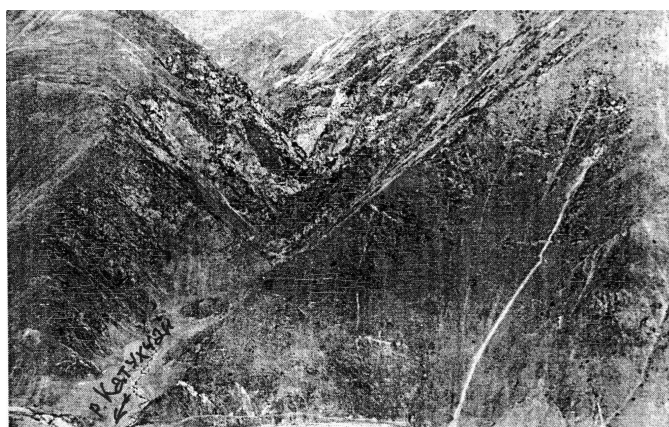


Рис. 3. Деталь предыдущего рис. Обнаженные поверхности наклонных (40-50°) продольных и поперечных к складчатости микроразрывов, формирующих рельеф в районе устья р. Катухчай.

Светлая наклонная полоса в правой половине снимка – след потока кварцевой сыпучки, вымываемой из зоны окисления колчеданных руд, залегающих в единой рудоносной зоне с рудными телами месторождения Кизил-Дере, но расположенных на противоположном, северо-восточном, крыле антиклинальной складки. Рудная зона в ядре складки размыта р. Ахтычай. Связи оруденения с разломали нет. Вид по азимуту 340° со стороны восточного фланга Правобережного рудного тела месторождения Кизил-Дере.

4. Релаксация региональных предшествующих «взрыву» и последующих напряжений, а также включение активности других очагов. При этом мгновенное снятие региональных напряжений является

существенным энергетическим пополнением к «взрывному» процессу и по времени сливается с ним. В результате общая продолжительность непрерывной генерации энергии формирования двух очагов, может составить 10-15 сек. и более, а высокие скорости движения флюида и «взрывной» характер процесса создать благоприятные условия для наложения волн и усиления разрушительной силы землетрясения. Таким образом, среди однородного поля региональных напряжений локальный «взрыв» приводит к образованию зоны энергетического «пробоя». За пределами этой зоны распространяется зона крайней неустойчивости, где происходит длительная релаксация региональных напряжений удаленных на десятки, а то и сотни километров от гипоцентра.

Приведенную выше схему формирования двойного очага геодинамической активности следует дополнить данными о физическом состоянии пород в зоне возможной разгерметизации флюида. По нашим данным препятствием для продвижения Флюида к поверхности может быть горизонт пород с повышенной прочностью, образованный в результате перекристаллизации осадочных пород при определенной температуре.

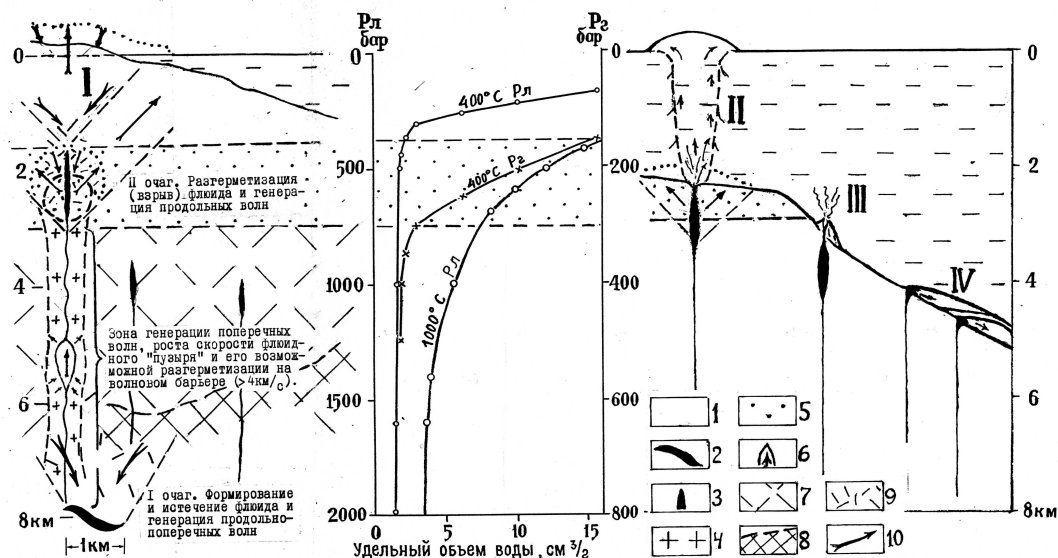


Рис. 4. Схема развития очагов геодинамической активности, связанных с внедрением жильных пород и кризисными изменениями удельного объема воды при гидростатическом (p_g) и литостатическом (p_l) давлениях и температурах 400°C и 1000°C .

1 – вмещающие породы; 2 – очаг формирования раствора-расплава; 3 – жильные породы, переходящие по восстанию в безамплитудные нарушения; 4 – зоны повышенной скорости упругих волн, растворимости минералов и электропроводности – вследствие воздействия высоких температур и давления на боковые породы при прорыве флюида; 5 – зона перехода литостатического давления в гидростатическое; 6 – флюидный «пузырь»; 7 – зона обводненных микроразрывов и подвижных блоков пород; 8 – зона повышенной жесткости и цементации трещин поровыми растворами; 9 – зона обрушения и дробления пород; 10 – направление движение блоков пород.

Типы проявления геодинамической активности: I – континентальный и прибрежно-морской (газово-паровые прорывы в атмосферу отсутствуют); II – материкового склона (максимальное смещение дна, прорыв газовой фазы в водную среду, образование цунами); III – океанического дна (выходы газовой фазы – «черных курильщиков»); IV – океанических глубин (излияния лав).

Эти изменения не постоянны по глубине и зависят от геотермического градиента зоны геодинамической активности, состава пород и других причин. Характер подобных процессов довольно детально изучен на месторождении Кизил-Дере и связан, преимущественно, с поведением кварца и карбонатов. По данным декрепитации минералов установлено, что выполнение трещин кварцем и карбонатами начинается, примерно, при температуре 180°C за счет перераспределения веществ из вмещающих пород поровыми растворами. Часто состав минералов выполняющих трещину соответствует составу пересекаемых ею пород. Данное обстоятельство позволяет исключить в этом процессе участие гидротермальных растворов. В начале трещины обычно выполняются мелкими кристаллами кварца и карбонатов. При последующем дроблении ранних трещин залечивание идет за счет регенерации мелких кристаллов с увеличением их размеров и вытеснения карбонатов кальция и магния. На этой стадии карбонатное вещество отдельных раковин полностью вытесняется и прорастает кварцем. При этом сохраняется форма раковин, и даже положение сосудистых каналов.

При дальнейшем повышении температуры, но уже в основной массе песчано-карбонатных пород происходит собирательная перекристаллизация карбонатов и кварца. Обычно рост кристаллов «друзового» кварца начинается по плоскостям спайности карбонатов. Размеры отдельных кристаллов не превышают 3-5 мм и они образуют «войлок», иногда ошибочно принимаемый за «диабазовую» структуру. Благодаря высокой подвижности кварца и его кристаллизационной силе происходит быстрое залечивание трещин и поддержание высокой жесткости пород. Перекристаллизация песчано-карбонатных пород с

рассеянным органическим веществом сопровождалась их осветлением за счет разрушения органического вещества и перевода его в подвижные углеводороды нефтяного ряда.

Органическое вещество в виде легких и тяжелых битумов обнаружено нами в кристаллах кварца. Оно захватывалось кристаллами кварца при их росте и неоднократной перекристаллизации в процессе залечивания трещин. Для более поздних фаз перекристаллизации характерно присутствие тяжелых битумов. Они также встречаются на стыке отдельных кристаллов.

Диапазон температур, при которых возможно довольно быстрое залечивание трещин находится в пределах 180-240°C. По нашим представлениям горизонт пород, сформированный и находящийся в этом температурном интервале на глубине 6-8 км, может занимать секущее положение к напластованию пород. Он должен фиксироваться геофизическими методами (МОВ), быть волноводом и оказывать максимальное сопротивление региональным напряжениям с образованием дисъюнктивных форм дислокаций при их разрушении.

Породы, находящиеся в зоне более высоких температур (более 250⁰ С) на глубинах более 8 км теряют жесткость из-за высокой подвижности кварца, начала разложения сульфатов и экзотермических реакций образования сульфидов по сидериту. Карбонаты кальция и магния почти полностью выносятся из этих отложений, порода полностью утрачивает первичный осадочный облик (4).

Близкие температуры установлены при бурении скважин на нефть в относительно спокойных тектонических условиях равнинного Дагестана (8). Такие температуры (180-240⁰ С) ожидаются в интервале глубин 5,5-7,3 км. Предполагаем, что этот горизонт окварцованных и монолитных пород мощностью около 2-х км будет иметь региональное распространение. Измененные породы подобного типа вскрывались одиночными скважинами на нефтеносных структурах Восточного Предкавказья под юрскими песчано-карбонатными отложениями, обычно относимые к породам палеозойского фундамента. По нашему убеждению такие породы, в ряде случаев, могут быть метаморфизованными юрскими отложениями, подвергшимися температурным воздействиям и превращенные в осветленные вторичные кварциты полностью лишены углефицированных органических остатков.

Таким образом, породы расположенные выше горизонта вторичных кварцитов длительное время сохраняют высокую трещиноватость, а присутствие воды в микротрещинах действует как смазка, повышающая подвижность блоков и способствующая разгерметизации флюидных систем. В результате периодических внедрений флюида происходит подновление старых и образование новых трещин в интервале глубин 2-6 км.

Как видно из графика (рис. 4), на глубинах 6-8 км существенного роста объема водной фазы флюида с изменением давления не происходит, поэтому, разгерметизация флюида на этих глубинах мало вероятна. Следовательно, образование даек на этих глубинах не будет сопровождаться «взрывом», а, скорее всего, произойдет в результате остывания и торможения движущейся к поверхности флюидной массы с выделением кинетической энергии в толще монолитных пород. Такие дайки, обычно кислого состава, не несут явных следов «взрывного» воздействия на вмещающие породы,

В предложенном нами механизме формирования очага он должен представлять собой вертикальный канал, переходящий к поверхности в расширяющуюся грибообразную субвертикальную линзу с малой поперечной мощностью (5-10 м). При зарождении такого канала на глубине 8-30 км (предполагаемая зона генерации раствора-сплава) существенное растекание флюида по трещине при его движении к поверхности произойдет в момент разгерметизации системы, начиная с глубины 6 км от поверхности, и прекратится на глубине порядка 2 км в результате падения давления и температуры. Общая горизонтальная протяженность очага может составлять 500-1000 м и более и соответствовать размерам жильных тел и сопровождающим их зонам дробления, прослеживаемых на современной поверхности (рис.1).

Предполагаем, что вертикальные размеры очага в расширенной зоне будут меньшими. Очаг подобного размера и формы будет излучать энергию в обе стороны, и восприниматься на поверхности как объемный генератор энергии преимущественно продольных волн.

При таком механизме формирования возможно смещение эпицентра землетрясения по отношению к гипоцентру под углом 45° в результате передачи энергии параллельными блоками пород от гипоцентра к поверхности. Такое смещение возможно по ранее заложенным систем нарушениям, благодаря неоднородным распределениям вертикальных напряжений связанных с рельефом, наклонам зоны разгерметизации флюида, условиям залегания пород и другим факторам. Объяснить подобные смещения эпицентров землетрясений по отношению к гипоцентру процессами мгновенного «вспарывания» магистральной трещины в упругом массиве пород значительно сложнее.

Скорее всего «упругие» деформации и эффект «вспарывания» можно объяснить поведением газовой-жидких включений в породах и кристаллах, преимущественно кварца. Благодаря высокой подвижности в определенном температурном интервале (180-240°C), он быстро залечивает, возникающие трещины, и порода вновь восстанавливает монолитность. При перекристаллизации кварца происходит захват газовой-жидких включений кристаллами кварца и изоляция скоплений флюида от окружающей среды. Обычно последующие нарушения залечиваются более светлым кварцем, почти не содержащих газовой-жидких включений, породы, насыщенные газовой-жидкими скоплениями при изменении температуры и давления могут «взрываться» формируя сеть трещин в массиве пород и отдельные, значительные по размеру вертикальные безамплитудные нарушения за пределами «взрывных» зон. Подобный механизм раз-

вития трещиноватости можно наблюдать на месторождении Кизил-Дере и в кварцитах фундамента Равнинного. Дагестана, вскрытых скважинами при бурении на нефть. К проявлениям этого типа в песчано-глинистых отложениях Горного Дагестана можно отнести вертикальные безамплитудные нарушения мощностью 3-5 м, выполненные обломками вмещающих пород и милонитом. Как мы предполагаем формирование таких нарушений, связано с внедрением флюида под большим давлением. В результате породы, прилегающие к трещине, подвергаются сильному сжатию, и при этом происходит разрушение монолитности породы и заключенных в ней флюидных включений. Снятие давления сопровождается расширением освободившегося из трещин флюида и разрушением вмещающих пород с образованием зоны дробления, сложенных обломками вмещающих пород и милонитами [7]. На этом фоне особенно жесткий горизонт вторичных кварцитов может быть источником «упругих» деформаций, т.к. он содержит очень большое количество газово-жидких включений, которые могут «взрываться» при повышении температуры или падения давления.

Предлагаемая схема формирования двойного очага объясняет причину ограничивающий рост силы землетрясений, редкое появление нарушений на поверхности, незначительные повышения температур источников и др.

Распространяя полученные выводы на проявления сейсмической активности в водных бассейнах можно найти новые объяснения условиям появления цунами, «черных курильщиков» и образованию базальтового слоя в океанах (рис. 4). На этом фоне также становятся более понятными причины различий в особенностях проявлений континентальных, прибрежно-морских и океанических сейсмических процессов.

Выводы

1. На территории горного Дагестана к проявлениям мезозойской геодинамической активности вскрытых современной эрозией могут быть отнесены многочисленные жильные образования и сопровождающие их нарушения.

2. Геодинамическая активность связана, преимущественно, с вертикальным перемещением («всплытием») флюидных масс формирующихся на разных глубинах в толще Земли.

3. Проявления мезозойской геодинамической активности, вскрытые современной эрозией, представлены переходом жильного материала (диабазов, кварцевых, карбонатных и других жил) по восстанию в зоны милонитизации и дробления (обычно 1-3 м мощности), сопровождаемые микроразрывами, расположенными под углом 45° к вертикальным нарушениям и горизонту. Все жилы и нарушения прямолинейны, без признаков смещения блоков пород и обтекания препятствий, что свидетельствует о высокой скорости движения флюидного «пузыря» к поверхности, «взрывном» характере его разгерметизации на участке, когда давление в нем превысило литостатическое, При отделении газово-водной составляющей происходит мгновенное остывание и «склеивание» блоков пород жильным материалом.

4. Одиночное проявление геодинамической активности можно рассматривать как процесс формирования двух очагов и разбить на четыре последовательных этапа, отличающихся по выделению энергии и генерации волн:

- момент «всплытия» флюида и обрушение кровли первого очага с формированием продольно-поперечных волн;
- движение флюида к поверхности с генерацией, преимущественно поперечных волн. Движение флюида может прекратиться в результате охлаждения на некотором удалении от очага или при благоприятных условиях, продолжаться с нарастающей скоростью, повышением температуры, давления и объема в результате трения до зоны разгерметизации;
- формирование второго очага – зона максимального выделения энергии в результате разгерметизации («взрыва») флюидного «пузыря». «Взрыв» расширяет линейную трещину, но с падением температуры происходит резкое уменьшение объема флюида и его разложение на твердую и газо-водную фазы. Процесс завершается сжатием трещины, что приводит к равномерному распределению твердой фазы в трещине и её растекание в сторону поверхности. Возвратно-поступательное смещение блоков пород генерирует преимущественно продольные волны.
- длительный этап релаксации преимущественно региональных напряжений и стимуляция других геодинамических процессов.

5. «Всплытие» флюида из зоны генерации происходило периодически, порциями («пузырями») по мере достижения критической подъемной силы превышающей прочность вмещающих пород, что ограничивало дальнейший рост его энергетического потенциала и, следовательно, силу землетрясения.

6. Механические свойства пород изменяются с глубиной под воздействием температур и давления. По характеру их влияния на геодинамические процессы в толще пород до глубин 10-12 км можно выделить условно три горизонта. Верхний горизонт (0-6 км) разбит на блоки многочисленными микроразрывами, подвижное состояние которых поддерживается обводненностью, периодическим подновлением сейсмическими процессами. Быстрое залечивание трещин кварцем и карбонатами здесь невозможно из-за слабой подвижности вещества при низких температурах (менее 180°C).

Средний горизонт (возможно генерирующий углеводороды) располагается в интервале глубин от 6 до 8 км. Его более точное положение в разрезе определяется температурным интервалом от 180 до 240°

С. В этом диапазоне температур происходит довольно быстрая перекристаллизация минералов, залечивание трещин кварцем, полностью разрушается рассеянное органическое вещество, возрастает жесткость пород, и изменяются их физические свойства.

Нижний горизонт формируется на глубине более 8 км при температуре 250°C и выше, при которой образуются сульфиды по карбонатам металлов, происходит интенсивное растворение карбонатов кальция, магния и частично кварца. Благодаря высокой подвижности кварца уменьшаются связи между отдельными кристаллами, и резко снижается прочность пород.

7. Образование всех типов нарушений, связанных с внедрением жильных пород и разгерметизацией флюидных систем ограничено глубиной 2-6 км, особенно интенсивно проявляющихся при отделении газово-паровой фазы в зоне перехода литостатического давления в гидростатическое (1,8-2,3 км). По этой причине жильные тела и сопровождающие их зоны дробления не достигают поверхности и прекращают свое развитие на глубине 1-1,5 км.

8. В пределах верхней зоны концентрации жильных образований (2-6 км) предполагается наличие двух уровней разгерметизации флюидных внедрений, связанных с особенностями изменений объемов при различных температурах. Первый уровень должен располагаться в верхней зоне монолитного горизонта, вблизи перехода его в горизонт трещиноватых и обводненных пород (6-7 км) и температуре флюида 1000° С и более, второй - в зоне перехода литостатического давления в гидростатическое (1,8-2,3 км) при более низких температурах (400-500° С).

9. Образованию даек на глубинах более 6 км, возможно в результате снижения температуры, повышения вязкости, изменения состава флюида и резкого торможения при встрече с монолитным горизонтом пород (6-8 км). При этом разгерметизация флюидных систем на этих глубинах мало вероятна, а энергия выделится в кинетической и тепловой формах, без существенных нарушений, вмещающих пород.

10. Внедрение флюида происходит обычно на фоне региональных напряжений, разрядка которых сопровождается формированием наклонных безамплитудных микроразрывов совпадающих с напряжениями, возникающими при разгерметизации флюида, а снятие региональных напряжений было энергетическим дополнением к «взрывному» процессу.

11. Длительность процесса релаксации напряжений, его последовательность, сила отдельных толчков и удаленность от эпицентральной зоны связана со снятием региональных напряжений, накапливающихся, преимущественно, в жестком горизонте пород (6-8 км).

12. Основное количество энергии при релаксации региональных напряжений после основного толчка может быть выделено за счет разрушения пород при сжатии в интервале глубин 0-8 км, особенно, в процессе хрупких деформаций монолитного горизонта.

13. Источником геодинамической активности могут быть «упругие» деформации, возникающие за счет быстрой разгерметизации флюидных скоплений в породах и кристаллах, формирующихся на глубине при повышенном горном давлении. Особенно активными должны быть вторичные кварциты, в которых «запечатывание» флюидных скоплений шло наиболее быстро и прочно, а раскрытие включений при повышении температуры в процессе экзотермических реакций, резких перепадах давления в результате внедрения жильных пород и других сейсмических процессов, сопровождавшихся образованием безамплитудных разрывных дислокаций, а не «вспарыванием» пластов пород.

14. Установлены две системы безамплитудных нарушений, ориентированных параллельно и поперечно к складчатости с противоположными углами падения 40-50° к горизонту. Продольная система нарушений, более глубокого заложения вскрыта в зоне ядра мегантиклинория восточного Кавказа, а поперечная более характерна для его крыльев. Эти пересекающиеся нарушения образуют блоки пород на глубине и, иногда, пирамидальные возвышенности на поверхности с плоскими гранями и прямолинейными ребрами. Микроразрывы также контролируют положение речных долин и склонов гор.

15. Образование наклонных безамплитудных нарушений, возможно в результате наложения на региональные напряжения близких по направлению «взрывных» воздействий направленных с глубины к поверхности (длинная ось эллипсоида деформации расположена во всех случаях вертикально). Отсутствие диагональных смещений указывает на более спокойное и длительное действие горизонтальных сил формирующих пликативные формы складчатости.

16. Форма очага геодинамической активности определяется условиями и процессами, формирующими жильное образование. В поперечном сечении это вертикальная зона мощностью до 5-10 м, соответствующая мощности жильного тела и сопровождающей его зоны дробления. Продольная проекция очага на вертикальную плоскость должна быть грибоподобна с «ножкой» – эллипсовидным каналом движения флюида до зоны его возможной разгерметизации (6-7 км), переходящей выше в шляпку протяженностью до 0,5-1 км и более по горизонтали и, вероятно, несколько меньшей по вертикали.

17. Смещение эпицентра землетрясения по отношению к гипоцентру под углом 45° может быть следствием формирования на глубине 2-7 км односторонней параллельной системы наклонных микроразрывов и образуемых ими блоков пород передающих энергию «взрыва» в продольном направлении к поверхности. Подобные односторонние отходящие от очага микроразрывы могут формироваться на фоне глобальных напряжений, предыдущих деформаций, наклона нарушения формирующего гипоцентральною зону, состояния нагрузок на поверхность, неоднородной прочности и условий залегания окружаю-

щих пород.

18. Вероятность выхода разломов на поверхность в сейсмически активных зонах крайне незначительна в результате относительно большой глубины разгерметизации флюидных систем (2-6 км) и резкого уменьшения объема флюида при падении давления и температуры после «взрыва». Благодаря особенностям «взрыва» и деформациям пород дебиты источников могут, как возрастать, так и падать, а температура повышаться или понижаться всего на 3-5⁰ С.

19. Предвестники землетрясений могут возникать при изменении региональных напряжений, в процессе генерации флюидных скоплений в результате лавинообразных экзотермических реакций образования сульфидов по карбонатам металлов, сопровождаемых интенсивным растворением, перекристаллизацией, дроблением кварца и метаморфизмом пород, в ходе которого происходит образований жидкой фазы, выделением адсорбированных газов, повышается давление и температура. На поверхности предвестники могут проявляться ионизацией атмосферы, температурными аномалиями, изменениями электромагнитных полей, газового и ионного состава атмосферы и подземных вод.

20. Предотвратить угрозу землетрясения при появлении предвестников, возможно опережающими взрывами в скважинах размещенными в сейсмически активных зонах. При этом произойдет снятие региональных напряжений на малых глубинах, особенно накопленных в жестком горизонте пород (6-8 км) и возможно разрушение локальных очагов, связанных, с генерацией флюида на больших глубинах. Нарушение обычной последовательности развития геодинамической активности формирования двойного очага, и снятия региональных напряжений может существенно снизить бальность землетрясения.

21. Относительно большая продолжительность непрерывной генерации энергии (10-15 сек.), высокие скорости движения флюида и «взрывной» характер процесса с последующим резким уменьшением объема создают благоприятные условия для наложения волн и усиления разрушительной силы землетрясений.

22. Образование цунами – результат прорыва флюида на дне океана в определенном диапазоне глубин (1,8-2,3 км) и максимальной передачи тепловой и кинетической энергии в водную среду с образованием вертикального потока водной массы. Вертикальный поток создает горизонтальные течения: придонное направленное к зоне прорыва («взрыва») и противоположное на поверхности океана. Этот последовательный процесс смещения водных масс в толще воды мощностью порядка 2-х км породит довольно пологую волну. Подобные волны непостоянны по своим характеристикам из-за различий в глубине «взрыва», скорости и продолжительности истечения флюида и др. Достигнув побережья, такие волны вначале могут вызвать необычный отлив с последующим катастрофическим нагоном воды на берег. При этом в зоне «взрыва» из-за перепада давлений произойдет полное уничтожение фауны.

23. Большой вертикальный диапазон формирования двойного очага и высокие скорости движения флюида дают основание предполагать систематическое завышение глубин гипоцентров землетрясений определенных на базе других взглядов на природу геодинамической активности.

24. Схему двойного очага, возможно, использовать при анализе сейсмических явлений и моделирования геодинамических процессов. При этом следует учитывать, что процесс развития двойного очага составляет непрерывный ряд последовательных событий (стадий), проходящих на разных глубинах, каждое из которых может быть непостоянно по силе, продолжительности и глубине образования. Значительно проще будет интерпретировать афтершоки, связанные с хрупкими деформациями монолитного горизонта пород в интервале глубин 6-8 км.

Литература

1. Паливода Н.К. Особенности тектоники и размещения рудных полезных ископаемых северо-западной части рудоносной зоны Дагестана. Тр. ИГ Даг. ФАН СССР, 1972, вып. 8, с. 60-65.
2. Паливода Н.К., Паливода А.А. Новое о генезисе стратиформного медноколчеданного месторождения Кизил-Дере в Дагестане в связи с находками органических остатков в рудах. Докл. АН СССР, 1975, т.225, № 2.
3. Паливода Н.К., Паливода А.А. Органогенно-хемогенное рудообразование и роль метаморфизма в формировании медно-пирротинового месторождения Кизил-Дере в Дагестане. Литол. и полезн. ископаем., 1978, № 2, с.95-111.
4. Паливода Н.К., Паливода А.А. Осадочные медноколчеданные и полиметаллические рудные тела Дагестана - возможные источники жильной минерализации. Тр. ИГ Даг ФАН СССР, вып. 4 (24), 1980, с. 23-43.
5. Паливода Н.К. О роли «рудоконтролирующих» разломов, даек и «рудогенерирующих» очагов в размещении жильного, осадочного медно-колчеданного и полиметаллического оруденения в Дагестане. Тр. ИГ Даг ФАН СССР, 1989, вып. 38, с.54-70.
6. Паливода Н.К. Рудогенерирующие автоклавные системы в осадочных толщах - возможные генераторы тепла и геодинамической активности. Тр. ИГ Даг ФАН СССР, 1989, вып. 40, с. 127-136.
7. Паливода Н.К., Айтеков М-П.Б., Батыров Б.А., Прокочук З.А. Формы проявления мезозойской геодинамической активности в современном срезе Горного Дагестана. Тр. ИГ ДНЦ РАН, 2002, вып. 48, с. 133-140.
8. Шейхов Ю.Г., Курбанов М.К. Сравнительный анализ графиков корреляционной зависимости температуры от глубины в осадочных отложениях Восточного Предкавказья. Тр. ИНГ Даг ФАН СССР, 1985, вып. 3, с. 120-126.