

КУЗНЕЦКИЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ ЮГА КУЗБАССА И ИХ СВЯЗЬ С ГЕОЛОГИЧЕСКИМ СТРОЕНИЕМ

В.А. Ашурков

ООО «Запсибгеология», г.Новокузнецк

Проблем в связи с сейсмической активизацией в Алтае-Саянской горной области много, и первая из них – прогноз разрушительных землетрясений. Необходим и поиск альтернативных идей объяснения причин сильных землетрясений Алтая, одна из которых изложена в статье В.А.Говердовского [6]. Как сказал академик Н.Н.Моисеев: «Нужны разные интерпретации и каждая из них отражает определенные черты реальности».

Автор первоначально наметал дать сравнительный анализ обстановок Кузнецких сильных землетрясений и Алтайского разрушительного землетрясения сентября 2003г., но из-за ограниченного объема статьи отказался от первоначального плана и поместил лишь материалы, касающиеся Кузнецкого очага землетрясений

МЕСТО КУЗНЕЦКОГО ЛОКАЛЬНОГО ОЧАГА СИЛЬНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ В СТРУКТУРЕ ПОЛЯ СЕЙСМИЧНОСТИ ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ И ПРИЧИНЫ ЕГО ВОЗНИКНОВЕНИЯ

При ближайшем рассмотрении причин возникновения очага сильных землетрясений на юге Кузбасса стало очевидно, что без привлечения разномасштабных материалов по сейсмичности и плитотектонике обширной территории Центральной Азии не обойтись. Кузнецкий узел землетрясений находится на дальней северо-западной периферии поля сейсмичности Центральной Азии, и, в отличие от поясовой сейсмичности, входит в так называемую рассеянную (площадную) сейсмичность. Этот тип сейсмичности наиболее трудно поддается расшифровке причины ее возникновения, тогда как четко выраженные современные пояса сейсмичности, уверенно отождествляются с границами литосферных плит.

Известно, что вся обширная область сейсмичности Центральной (Внутренней) Азии является следствием столкновения Индо-Австралийской (Индийской) и Евразийской планетарных литосферных плит. Сложная картина пространственного расположения эпицентров землетрясений на этой территории подчинена характеру движения и взаимодействия этих плит. В результате столкновения и продолжающего движения Индийской плиты на север, а Евразийской плиты на юго-запад, произошел раскол последней с образованием малых плит: Амурской, Китайской и Внутриазиатской. Последняя, расколовшись, образовала микроплиты: Афганскую, Памирскую, Тибетскую, Таримскую, Ордосскую, Алашанскую, Джунгарскую и Монгольскую [15].

Чтобы определить место Кузнецких землетрясений в поле сейсмичности и структуре взаимодействующих микроплит Центральной Азии пришлось существующие карты плитной тектоники этой территории дополнить микроплитами Алтае-Саянской области [1]. На основе геолого-геофизических данных были выделены и оконтурированы следующие микроплиты: Калба-Нарынская, Бийско-Катунская, Барнаульская, Томь-Колыванская, Кузбасская, Алатау-Казырская, Восточно и Западно-Саянские и Шорская. При этом делимость территории на блоки на этом не закончилась. Микроплиты делятся еще на более мелкие блоки-«плиточки» (ниже это будет показано на примере Кузбасской микроплиты), которые, будучи зажатыми между более крупными взаимодействующими плитами, находясь в сложных полях горизонтальных напряжений (нередко разновекторных одновременно), получают вектор относительных перемещений, порой несовпадающий с вектором движения больших плит. Такая сложная геодинамика всей иерархической системы блоков земной коры и определяет, в конечном счете, в целом рассеянный тип сейсмичности территории Центральной Азии, что в полной мере относится и к Алтае-Саянской горной области. Здесь также на границах разновеликих плит имеют место напряжения, деформации типа сдвига и торошения горных масс.

У всех, кто изучал сейсмичность юга Кузбасса, возникает вопрос: почему при общей закономерности затухания сейсмичности Алтая-Саяна в северном направлении, когда на широте города Новокузнецка уже должно быть сейсмическое затишье, вдруг возникают сильные землетрясения? При этом землетрясения локализуются, образуя устойчивую локальную зону. Локально-узловая концентрация землетрясений также имеет место в районах г.г. Камень-на-Оби в Алтайском крае, Абакана (Хакасия) и Новосибирска. Образовалась система очагов (“ярких пятен повышенной активности” [12]), природу

которых надо искать в рамках одной концепции. Мы, не встретив в литературе геологического объяснения этому аномальному явлению сейсмичности, вынуждены изложить свою гипотезу.

По нашему мнению, в северо-западной части Алтае-Саянской горной области, в результате продолжающегося активного латерального взаимодействия Индийской и Евразийской плит, возникает раскол Евразийской плиты с формированием новой границы между этими плитами. Узлы локальной сейсмичности ложатся в зону раскола, фиксируя места наиболее активного проявления начавшейся тектонической перестройки. В дальнейшем, когда в зоне раскола возникнут новые узлы, когда они сольются, существующая ныне очаговая сейсмичность превратится в обычную поясовую сейсмичность, четко фиксирующую трассу новой границы между плитами.

В настоящее время зарождающуюся границу плит можно пунктирно проследить от Охотского моря (о. Сахалина, возможно, п. о. Камчатки) на востоке до г. Камень-на-Оби и несколько дальше на западе, на расстояние более 4 тысяч километров. Отдельными звеньями в эту региональную структуру ложатся Становой хребет, оз. Байкал и в пределах Алтае-Саянской горной области зона, соединяющая оз. Байкал и г. Камень-на-Оби.

Зарождающуюся границу плит, от Камчатки до г. Камень-на-Оби, мы рассматриваем как единую сейсмическую зону, контролирующую размещение землетрясений. Она же (граница), происходящие в ее недрах эндогенные и тектонические процессы являются первопричиной возникновения сильных землетрясений. Почему в пределах протяженного сейсмогена в одних местах возникают очаги землетрясений, а в других - нет, станет понятно позже, при рассмотрении материалов Кузнецкого локального узла землетрясений

ГЛУБИННОЕ СТРОЕНИЕ КУЗБАССА И СЕЙСМИЧНОСТЬ

Глубинное строение Кузнецкой впадины, по сравнению с другими районами Алтае-Саянской горной области, достаточно хорошо изучено. Наиболее достоверные сведения о строении земной коры получены в результате глубинных сейсмических исследований (ГСЗ), проведенных по двум профилям: с. Овечкино - г. Барнаул - с. Усть-Нарык, который пересек юг Западно-Сибирской плиты, Салаирский кряж и вошел в Кузнецкий прогиб, и г.г. Колпашево - Томск - Кемерово - Новокузнецк - Таштагол, прошедшему вдоль длинной оси Кузбасса [16]. Эти данные о глубинном строении Кузбасса дополнены В.С. Сурковым результатами специальных исследований, посвященных изучению региональной тектоники и глубинного строения земной коры Алтае-Саянской горной области [31].

Имеются ли конкретные особенности глубинного строения земной коры Кузбасса, которые могли предопределять аномально повышенную локальную сейсмичность юга впадины? Есть все основания полагать, что именно характер устройства земной коры в интервале поверхность - граница Мохоровичича - одна из важнейших причин возникновения на юге Кузбасса сильных землетрясений. Установлено, что мощность земной коры и мощность внутрикоровых слоев Кузнецкой впадины контрастно отличаются от таковых окружающих её геоструктур. Так, поверхность Мохоровичича под Кузбассом залегает на глубине 38-41 км (утоненная земная кора), в то время как под Салаиром она находится на глубине 45-48 км, Кузнецким Алатау на глубине 49 км, Томь-Колыванью на глубине 46 км. Столь резкий подъем поверхности Мохоровичича, максимум которого пришёлся на южную часть Кузбасса (район г. Новокузнецка), обеспечил аномально высокий тепловой и газовой-флюидный потоки из верхней мантии в земную кору, которая, будучи разогретой и флюидонасыщенной, приобрела большую тектоническую подвижность с возникновением на границах блоков точек напряжений-возможных очагов землетрясений.

Весьма важную роль в тектоническом строении Кузнецкой впадины играют глубинные разломы, которые не только отделяют её от смежных геоструктур, но и расчленяют внутри котловины на блоки внутрикоровые "гранитно-метаморфический" и "базальтовый" слои. В разрезе земной коры блоки по вертикальным разломам, часть которых уходит в пределы верхней мантии, оказываются погруженными на разную глубину: в центре впадины - на большую, а в бортах её - наименьшую. Поверхность "подошвы" слоя имеет вид лестницы, ступеньки которой идут вверх от центра впадины к её бортам. Такая модель внутрикоровых поверхностей хорошо согласуется с аномальным полем силы тяжести наблюдаемым над впадиной. Вычисленная аномалия силы тяжести от модели близко совпала с наблюдаемой аномалией, что указывает на корректность ее принятия, как основы решения задач, связанных с землетрясениями юга бассейна.

Характер сочленения Кузнецкой впадины со смежными геологическими структурами Томь-Колыванью, Кузнецким Алатау и Салаиром различен. Сейсморазведка установила, что более древние отложения Салаира по системе шарьяжей надвинуты на молодые отложения Кузнецкой впадины более чем на 20 км. Движение Салаира на северо-восток в сторону Кузбасса сформировало многочисленные надвиги и участки торошения горных пород в зоне сочленения этих структур и взбросы в пределах прилегающей западной части бассейна. Несомненно, современные сейсмогенерирующие условия на Салаире связаны именно с продолжающимся его движением (давлением) на северо-восток.

Возвращаясь к рассмотрению структуры блоков земной коры южной части Кузбасса, обращает на себя внимание то, что в силу горизонтальных и вертикальных перемещений, в соприкосновение пришли блоки, отличающиеся параметрами своих физических свойств: скоростями распространения продольных и поперечных сейсмических волн и плотностью. Подобная неоднородная блоковая геологическая среда объективно неустойчива. На границах, и в угловых точках соприкосновения наиболее крупных и контрастных по упругим характеристикам и плотности блоков, в условиях имеющего место в Кузбассе доминирующего горизонтального давления, образуются очаги концентрации напряжений – потенциальные гипоцентры сильных землетрясений.

РОЛЬ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ДВИЖЕНИЙ В ФОРМИРОВАНИИ СЕЙСМОГЕНЕРИРУЮЩИХ ОБСТАНОВОК НА ЮГЕ КУЗБАССА

Анализ современного тектонического устройства геологических структур разного ранга (Сибирская платформа, Алтай – Саянская горная область, Кузнецкая впадина) и палеогеографические реконструкции этих территорий свидетельствуют о широком явлении латерального перемещения отдельных блоков земной коры по глубинным разломам [29].

Чтобы понять и обосновать механизм возникновения сильных землетрясений на относительно локальной территории юга Кузбасса, последовательно рассмотрим кинематику всех разновеликих блоков земной коры, так или иначе вовлечённых и участвующих в формировании геологических структур этого сейсмического района. Образование микроплит Алтай–Саянской горной области, в том числе микроплиты Кузнецкой впадины, обязано столкновению Индийской и Евразийской континентальных плит. Вместе с тем, характер движений микроплит в северо-западной части Алтай–Саяна предопределен не только продолжающимся в северном направлении вторжением Индостана в Евразийскую плиту, но в большей мере движением на юго-запад Сибирской платформы [3]. Сибирская платформа оказалась под мощным давлением Колымской плиты, образовавшейся в результате столкновения в районе хребта Черского Североамериканской и Евразийской плит. Граница столкновения этих планетарных плит чётко картируется грабенами Момской рифтовой системы, являющейся продолжением срединноокеанического хребта Гаккеля на континенте и сейсмическим поясом Северовосточной Азии с эпицентрами землетрясений с магнитудой более 4,5.

Колымская плита при своём движении в юго-западном направлении привела к расколу Сибирской платформы на два блока: Анабарского и Вилюйского. Последний по зоне глубинного разлома сместился относительно Анабарского блока на юго-запад в сторону Алтай – Саянской горной области на расстояние не менее 200 км. Это перемещение, в свою очередь, привело к расколу и дифференцированному перемещению микроплит Алтай–Саянской горной области с образованием характерных для Алтай–Саяна дугообразных структур, обращённых на юго-запад.

Одним из важнейших факторов понимания режима сейсмичности любой территории является знание истории ее геологического развития. В истории формирования геологических структур Алтай–Саянской горной области и Кузнецкой впадины, в частности, В. И. Яворский [35] выделяет следующие фазы тектогенеза: пфальцкую (граница перми и триаса), в результате которой Кузнецкий Алатау, Салаир и Томь-Колывань надвинулись на впадину и обусловили складчатость выполняющих ее отложений, древнекеммерийскую, усилившую дислоцированность осадков, верхнекеммерийскую, наиболее интенсивную, приведшую к подновлению разрывной тектоники зародившейся в пфальцкую фазу и образованию более молодых разрывов сплошности пород. Эти молодые движения не прекратились и активно продолжаются в настоящее время, о чем убедительно свидетельствуют землетрясения и горные удары.

Кинематика блоков северо-западной части Алтай–Саянской горной области привела к тому, что Кузнецкая впадина постоянно находилась под мощным воздействием движущихся на встречу друг другу Салаирской и Кузнецкоалатауской микроплит и Томь-Колыванской микроплиты, надвигающейся на впадину с северо-запада. В результате сжимающих сил со стороны этих микроплит Кузбасская микроплита раскололась на блоки (миниплиты). В пределах южной половины Кузнецкой впадины четко обособились четыре блока: Присалаирский, Терсинский, Новокузнецкий и Пригорношорский. Границы этих блоков уверенно трассируются на карте аномального поля силы тяжести Кузбасса и в системе структур контурного дешифрирования аэро-и космоснимков.

В силу особенностей тектонической конструкции надвигающихся на Кузбасс микроплит, характера фронтов их соприкосновения, разные районы бассейна испытывают на себе разную силу воздействия. Под наиболее большим прессом находится юго-восточная часть Кузбасса. Здесь микроплита Кузнецкого Алатау, будучи, в свою очередь, под постоянным мощным давлением со стороны Вилюйского блока Сибирской платформы, двигаясь в юго-западном направлении, создает мощный фронт давления внутри Кузнецкой котловины. Вектор этого давления тот же, юго-западный. От приложения сил давления на структуры юго-восточной половины Кузбасса в наибольшей мере “пострадал” Новокузнецкий блок. В его пределах формировались дугообразные структуры, имеющие торцевые сочленения с контактирующими по глубинным разломам Присалаирским, Терсинским и Пригорношорским блоками (рис. 1).

Дуги - это фронтальные границы изгибающихся структурных зон. Выгнутость зон на юго-запад - свидетельство мощного давления в этом направлении одного из блоков Кузнецкоалатауской микроплиты. Процесс изгиба структурных зон Новокузнецкого блока происходил не только за счет ползучести (текучести) горных масс под действием направленного длительного постоянного давления. Безусловно, в этой системе геологических структур имели место срывы и подвижки отдельных миниблоков, о чем свидетельствует, в частности, выдвинутый на поверхность Араличевский угольный район, расположенный в юго-западной части Новокузнецкого блока.

Геологические структуры юга Кузбасса оказались под постоянным воздействием встречных сил, с одной стороны Салаира, а с другой – Кузнецкого Алатау. Давление со стороны Кузнецкого Алатау (Сибирской платформы) в силу разных причин, например, ротационных процессов, в несколько раз преобладает, что приводит к возникновению геодинамически обусловленной опасной сейсмической обстановки. Мы подошли к пониманию механизма возникновения Кузнецких землетрясений на юге Кузбасса, представляющих собой локальный очаг силь-

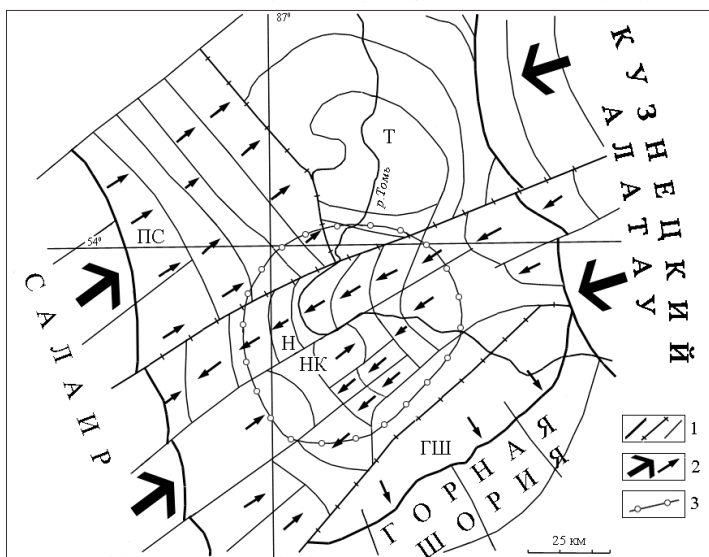


Рис. 1. Схема кинематики блоков земной коры юга Кузбасса.
 Блоки I порядка: Т-Терсинский, НК-Новокузнецкий, ГШ-Горношорский, ПС-Присалаирский; Н-г.Новокузнецк: 1 - разломы; 2 - направление перемещения блоков земной коры; 3 - область в пределах которой могут произойти землетрясения максимальной силы.

ных землетрясений Алтае Саянской горной области. Причиной землетрясений на юге Кузбасса является крайне неустойчивая, интенсивно развивающаяся неоднородная система тектонических блоков, находящихся в условиях аномально повышенного дифференцированного теплового потока и интенсивной фильтрации флюидов, подверженных постоянному воздействию мощного неоднородного однонаправленного поля горизонтальных напряжений. В недрах этой системы блоков горных пород происходят интенсивные геолого-химические процессы (химическое разупрочнение, фазовые и петрохимические переходы, возникновение микротрещин и др.), приводящие к изменению физических параметров геологической среды и формированию неустойчивости системы. В тектонически неустойчивых массивах горных пород накапливаются предельные упругие напряжения, приводящие к разрывам, смещению горных масс и высвобождению энергии.

Итак, одна из главных причин возникновения Кузнецких землетрясений – это существование мощного фронта напряжений, атакующего с северо-востока южную часть геологического пространства Кузбасса.

ТЕПЛОВОЙ РЕЖИМ НЕДР КУЗБАССА И СЕЙСМИЧНОСТЬ

Одним из факторов, активно влияющим на условия возникновения землетрясений, безусловно, является тепловой режим недр. Установлено, что Кавказский, Среднеазиатский, Байкальский и Сахалино-Камчатский сейсмоопасные регионы характеризуются в целом высоким тепловым потоком и сильной разогретостью недр [30]. Тепловое поле Земли является важной характеристикой энергетического состояния земной коры. Оно генерируется в результате физико-химических процессов, происходящих в интервале ядро-поверхность планеты. Геологические процессы, происходящие в недрах, протекают с поглощением или выделением тепла. На общем фоне теплового потока, стремящегося к поверхности Земли, в силу геологического различия тектонических структур, особенностей глубинного строения, состояния и свойств вещества в коре и мантии и ряда других причин, в верхних горизонтах земной коры происходит его дифференциация. На карте теплового потока, например территории бывшего СССР, можно видеть изометричные и линейные аномалии высокого и низкого потока. Наиболее активный перенос тепловой энергии и флюидов к поверхности Земли происходит в регионах интенсивной неотектоники, т. е. в сейсмоопасных регионах. Следовательно, знание особенностей геотермического режима недр территории, для которой выполняется сейсмораионирование, является важным условием более объективного и обоснованного выделения блоков земной коры более опасных и менее опасных в сейсмическом отношении.

Изучению геотермического режима недр Алтае-Саянской горной области посвящены работы А. Д. Дучкова и др. [9-11]. Этими региональными исследованиями установлены основные особенности распределения теплового потока для ряда крупных структур Алтае-Саянской горной области. Кузнецкая впадина, являющаяся выраженным сейсмически активным районом Алтае-Саяна, на фоне окружающих её геологических структур, имеет в целом повышенный тепловой поток, превышающий в среднем 50 мВт/м^2 . Максимально прогретой является юго-восточная часть впадины, где в отдельных точках его величина достигает $70-80 \text{ мВт/м}^2$. Аномально низкий тепловой поток (21 мВт/м^2) установлен в северо-западной части Салаира. Кузнецкий Алатау и Томь-Колывань характеризуются тепловым потоком $46-47 \text{ мВт/м}^2$.

Э. М. Пах, на основе термокаротажных исследований угольных и нефтяных скважин, построил карту температурных данных на глубине 1000 м. Впервые удалось установить температурную зональность впадины: «область относительно высоких температур (более $+35^\circ\text{C}$) приурочена к юго-восточной части бассейна. Зона с преобладанием низких температур (менее 30°C) охватывает северо-западную и юго-западную части бассейна» [20]. В юго-восточной части Кузбасса отмечается и более высокий темп нарастания (геотермический градиент) температуры с глубиной. Если, например, в Анжерском, Плотниковском и Ленинском районах средний геотермический градиент равен $2,5$; $2,2$ и $1,9^\circ\text{C}/100 \text{ м}$ соответственно, то в Араличевском, Байдаевском, Ерунаковском, Терсинском и Томь-Усинском угольных районах, районах максимальной сейсмической опасности, он равен: в первых трёх $3,2^\circ\text{C}/100 \text{ м}$, двух последних – $3,8^\circ\text{C}/100 \text{ м}$ и $3,6^\circ\text{C}/100 \text{ м}$ соответственно.

Прогнозную карту изотерм Кузбасса на горизонте минус 1500 м составил А.И.Лежнин. Установлено, что для юго-восточной наиболее сейсмически опасной части бассейна, при общей повышенной температуре недр этой территории, характерна значительная латеральная неоднородность теплового потока. Здесь наличие аномалий площадного и линейного типов относительно повышенных и пониженных значений температуры, определило структуру блоков земной коры более прогретых и менее прогретых. Ярво выраженными линейными градиентными зонами изотерм выделились глубинные разломы, разделяющие блоки. Установлена связь повышенного теплового потока с неотектоникой. Юго-восточные районы бассейна с высокими температурами недр характеризуются резко расчленённым омоложенным рельефом с наибольшими амплитудами неотектонических движений блоков земной коры.

Сопоставив карты теплового потока, изотерм и карту сейсмоструктуры Кузбасса можно констатировать, что основные блоки земной коры, сдвигаемые в юго-западном направлении, расположенные в районе г. Новокузнецка, по отношению к смежным блокам, значительно более прогреты. Следовательно, можно говорить, что на юге и юго-востоке Кузбасса, особенно в районе Кузнецких сильных землетрясений, имеет место контрастно неоднородная по своим физическим свойствам и состоянию геологическая среда. Здесь в ансамбле блоков, под влиянием поднимающихся потоков тепла и флюидов, в условиях постоянного бокового (горизонтального) давления протекают известные изменения геологической сферы, приводящие к неперемому разупрочнению твердого вещества (эффект Ребиндера) и, в конечном счете, к его разрушению с высвобождением энергии, реализуемой в виде землетрясения.

Имеющиеся данные по тепловому режиму недр Кузнецкой впадины позволяют по этому важному параметру энергетического состояния земных недр констатировать, что южная и юго-восточная её территории (г.г. Междуреченск, Мыски, Калтан, Осинники, Новокузнецк, Прокопьевск, Киселевск) имеют аномально высокую степень сейсмической опасности.

Возможно, именно блоки, находящиеся накануне сейсмического срыва и пропускают через себя аномально повышенный тепловой поток. Или проходящий через блоки тепловой поток и флюиды делают их сейсмоподвижными. В любом случае тепловая энергия расшатывает стабильность системы блоков.

ГЛУБИНА ОЧАГОВ КУЗНЕЦКИХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

Поскольку разрушительная сила землетрясения находится в прямой зависимости от глубины нахождения его очага в земной коре, знание этого параметра необходимо при решении ряда сейсмологических задач, в том числе при предварительной оценке максимальной силы ожидаемых в районе землетрясений.

Для территории Кузбасса нет инструментальных данных о глубинах очагов прошлых сильных землетрясений, поэтому приходится опереться в первую очередь на статистические данные, полученные для Алтае-Саянской сейсмической области в целом и на некоторые соображения, вытекающие из особенностей тектоники и глубинного строения земной коры Кузнецкой впадины. Н. В. Шебалин по записям удалённых от Алтае-Саянской горной области сейсмических станций (Москва, Пулково, Свердловск, Иркутск), определил, что большая часть гипоцентров сильных ($M > 5$) землетрясений этой области приходится на глубины 15-20 км, при общем диапазоне глубин 7-45 км [34]. И. Д. Цибульчик, используя записи существующей сети территориальных сейсмических станций Алтае-Саянской горной области, данные промышленных взрывов и прослеживания головной волны от границы Мохоровичича, построил график распределения числа землетрясений по глубине очага [33]. Кривая распределения очагов землетрясений по глубине симметрична относительно среднего значения 15 км. Имеют место гипоцентры землетрясений в меньшую и большую (до 40 км) сторону от среднего. Подавляющая часть гипоцентров землетрясений Алтае-Саянской горной области располагается в пределах верхней части земной коры. Этот вывод подтверждён при обобщении результатов инструментальных наблюдений сейсмичности Алтае-Саяна [3].

Некоторую вероятностную информацию о возможных глубинах гипоцентров будущих землетрясений юга Кузбасса можно, очевидно, получить из особенностей глубинного строения земной коры. Наиболее ожидаемо, что очаговые зоны будут формироваться в местах резкого вертикального перепада глубины залегания слоёв земной коры, отличающихся между собой сейсмическими скоростями, плотностью, магнитными свойствами, прогретостью недр. Такой резкий переход в физических свойствах геологической среды имеет место в зонах глубинных вертикальных разломов, делящих земную кору на блоки, оказавшиеся погруженными на разную глубину. Участки разрыва и вертикального перемещения внутрикоровых слоёв, установленные по данным ГСЗ, мы приняли за дизъюнктивные узлы, где на глубине максимально возможно формирование очагов будущих сильных землетрясений (Рис.2).

Дизъюнктивные узлы, отражая особенности поведения в разрезе «гранитного» и «базальтового» слоёв, формируют карту глубин гипоцентров ожидаемых землетрясений. Основная группа предполагаемых мест гипоцентров, как и устанавливалось ранее, находится в интервале глубин 10-25 км, при преимущественной локализации на уровне 15 км. Вместе с тем, размещение гипоцентров на глубине 10 км и менее нельзя исключить, так как в Кузнецкой впадине на этом уровне повсеместно фиксируется достаточно резкая физическая (скоростная и плотностная) граница между пермскими континентальными угленосными отложениями и подстилающими их морскими толщами карбона и девона. Имеются участки плотностной неоднородности и в пермских отложениях, чаще всего на границах свит. Такой характер строения недр не исключает возникновения очага на малой глубине. В этом случае, как известно, энергия сейсмического толчка может повыситься на 1-2 балла.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТ ЭПИЦЕНТРОВ ОЖИДАЕМЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ НА ЮГЕ КУЗБАССА

Сегодня, пожалуй, наиболее аргументированной методикой определения планового положения места эпицентров прогнозируемых землетрясений, является выявление и картирование сейсмически активных тектонических узлов. Имеется масса случаев, когда твердо установлено, что сильные и сильнейшие (разрушительные) землетрясения на континентах ложатся в места пересечения тектонических линейментов земной коры. Яркие тому примеры: Кавказ, Турция, Иран, где наиболее сильные землетрясения Северо-Анатолийской альпийской зоны приурочены к местам пересечения этой зоны с поперечными поднятиями. Памятное Спитакское разрушительное землетрясение 7 февраля 1988г. произошло в месте пересечения широтного Памбак-Севанского и Алаварского диагонального сейсмически активных разломов. В зоне сочленения крупных структурных комплексов локализовались: Шемахинские землетрясения с магнитудой 6.9, Ашхабадское землетрясение 1948 г. с магнитудой 7.3, Гармское землетрясение 1941 г. с $M = 6.4$ и др. Справедливости ради, необходимо отметить, что в ряде случаев не удается обнаружить прямой связи сильных землетрясений с узловыми структурами земной коры [22]. Тем не менее, многочисленные публикации свидетельствуют в пользу того, что сильнейшие землетрясения возникают в местах сочленения (пересечения) структурных комплексов различного ранга, чаще всего выраженных разломами различной протяженности и глубины заложения [7, 21, 24 и др.]. Такие узловы структуры земной коры характеризуются сильной тектонической разрушенностью, геодинамической подвижностью в новейшее время, проницаемостью, в силу чего являются благоприятными для формирования очагов землетрясений.

По морфологии поля силы тяжести откартированы разломы трех рангов, что определило характер делимости территории юга Кузбасса. Здесь выделено 4 блока I порядка: Терсинский, Присалаирский, Новокузнецкий и Пригорношорский, которые являются главными тектонообразующими единицами. Каждый блок I порядка разломами разделен на блоки II и III порядков. Каждый блок первого порядка имеет внутреннее строение, контрастно отличающееся от строения других блоков. Для Присалаирского блока характерно линейное (параллельное) северо-западное простирание структур антиклиналей и синклиналей и разделяющих их разломов (взбросов). Терсинский блок - это изометрическое куполовидное поднятие, основные структуры которого расположены вокруг его центра. Разломы большей частью радиальные. Новокузнецкий блок-вместилище сильных землетрясений, представляет

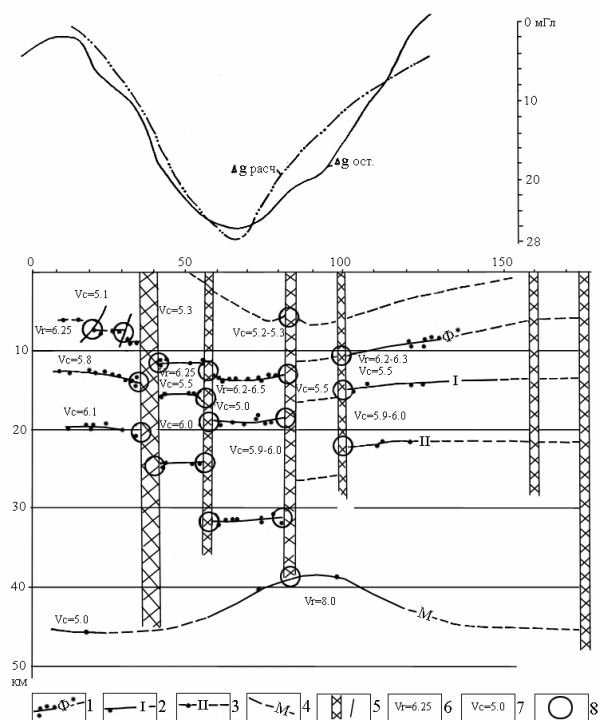


Рис. 2. Определение наиболее вероятных мест формирования очага сильного ($M > 5$) землетрясения в разрезе земной коры Кузбасса.

1-поверхность складчатого фундамента; 2,3-границы внутри земной коры, 4-раздел Моховоричича; 5-разломы; 6,7-граничная и средняя скорости в км/сек; 8-участок земной коры, где возможно формирование очага землетрясения. Разрез земной коры и расчет поля силы тяжести от модели по Семеркину В.И., 1971.

собой ансамбль зон (блоков), границы которых выгнуты в юго-западном направлении. Новокузнецкий блок имеет торцевое сочленение с Присалаирским и Терсинским блоками по глубинному разлому, пересекающему Кузнецкую впадину в северо-восточном направлении. Поскольку миниблоки Новокузнецкого блока имеют явные признаки сдвига в юго-западном направлении, то характер сочленения его с Пригорношорским блоком также торцевой. Кинематика блоков: Присалаирский блок в целом и его миниблоки, каждый со своей скоростью, движутся на северо-восток, Новокузнецкий блок со своим ансамблем малых блоков движется в противоположном, юго-западном направлении, Горношорский блок смещается на юго-юго-восток. Терсинский блок проворачивается по часовой стрелки.

Субширотный глубинный разлом, разделяющий Присалаирский, Терсинский и Новокузнецкий блоки играет роль сейсмогенного, сейсмогенерирующего.

Блоки I ранга, имея торцевое сочленение, плохо «притерты» друг к другу, слабо связаны между собой. Границы (зоны) сочленения весьма неустойчивы, что обуславливается, прежде всего, разнонаправленностью горизонтальных перемещений блоков друг относительно друга и различной амплитудой их вертикальных движений [2, 17]. В неустойчивой иерархической системе блоков, постоянно находящейся под воздействием сильного внешнего давления, возникают зоны сжатия и растяжения, места концентрации трещин скалывания. К таким местам, в силу геодинамических параметров среды, принадлежат участки пересечения разломов, фиксирующие углы блоков (дизъюнктивные узлы). Такой механизм

образования трещин отрыва (сейсмогенного разрыва) в стыкующихся структурах доказан экспериментальным моделированием.

Изложенный принцип определения местоположения эпицентров ожидаемых землетрясений реализован для территории юга Кузбасса. По месту дизъюнктивных узлов (пересечение разломов) намечены места вероятного размещения очагов землетрясения трех категорий потенциальной сейсмической опасности. 14 дизъюнктивных узлов отнесены к местам, где возможно землетрясение максимальной магнитуды.

Весомым доказательством применимости «принципа узловых структур» земной коры для юга Кузбасса является то, что эпицентры Кузнецких землетрясений 1898 и 1903 гг. находятся в районах, выделяемых нами мест эпицентров ожидаемых землетрясений наибольшей силы. И. П. Толмачев по характеру плейстосейстовой области пришел к заключению, что «... линия эпицентра Кузнецкого землетрясения 1898г. совпадает с направлением р. Томь вверх от Кузнецка до устья р. Мрассу» [32]. На нашей прогнозной карте, на этой линии, которая, по существу, представляет собой зону глубинного субширотного разлома, входящую в Обь-Байкальский сейсмоген, расположены 6 эпицентров ожидаемых землетрясений максимальной балльности.

ПРОГНОЗ СИЛЫ ОЖИДАЕМЫХ КУЗНЕЦКИХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

Усилия специалистов, занимающихся проблемой сильных землетрясений, имеют смысл, если они направлены, в конечном счете, на то, чтобы землетрясения предсказать заранее. Дать прогноз землетрясения, значит, указать его место, определить силу и время. Последний параметр этой знаменитой триады является ключевым в проблеме. Но и знание двух первых важно, поскольку они необходимы для выполнения сейсмического районирования, размещения станций сейсмического наблюдения, проведения целевых работ по накоплению данных для краткосрочного прогноза.

Оценить максимальную силу будущих землетрясений на юге Кузбасса можно лишь, опираясь на имеющуюся информацию о силе прошлых кузнецких землетрясений и конкретную сеймотектонику. Сравнение макросейсмических данных кузнецких землетрясений и сильнейших землетрясений Алтае-Саяна и Монголии - еще одна возможность определения силы будущих землетрясений.

На юге Кузбасса за последние 106 лет произошло 2 сильных (1898г. и 1903г.) и одно среднее (1966г.) землетрясения. Кузнецкое землетрясение 7 июня 1898 г. Очевидцем землетрясений был известный исследователь Сибири геолог Н. П. Толмачев, который по личным наблюдениям, наблюдениям других очевидцев, изложенным в специальных «вопросных» листах, обобщения многочисленных сведений о землетрясении, помещенных в сибирских газетах, составил отчет. В Известиях Императорской Академии наук за 1902 г. он опубликовал подробную статью «Кузнецкое землетрясение 7(19) июня 1898 года» [32].

Сила любых землетрясений оценивается в первую очередь по тем разрушениям, которые они производят. Приведем некоторые выдержки из статьи И. П. Толмачева, характеризующие обстановку и характер землетрясения: «Сильный толчок 7 июня имел место в 12 часов 28 минут по местному времени. В это время я проходил через обширную базарную площадь в нагорной части города. Внезапно я услышал дважды раздавшийся страшный треск и шум и увидел, как обрушился каменный фронтон над одним из магазинов, и развалились несколько труб на соседних домах... Страшные толчки, шум и грохот вместе с видом падающих вещей, моментально выгнали на улицу, кажется, все население Кузнецка. Мне пришлось видеть несколько лиц, совершенно обезумевших от ужаса. Животными овладела также паника, и мимо нас промчались по базарной площади, как бешенные, сорвавшиеся с привязи лошади с экипажем» [32].

В результате землетрясения во всех каменных зданиях Кузнецка (Богородская и Богоявленская церкви, Почтово-телеграфная контора, Уездное училище, Местное собрание, Пивной завод, Тюремный Замок - бывшее крепостное помещение) образовались трещины. «Трещины обнаружили в крепостных зданиях, несмотря на то, что они очень солидной, старинной постройки и, в общем, очень низкие» [32]. Пострадали и кузнецкие церкви. На Богоявленской церкви погнуло крест к юго-западу. В Богородской церкви образовались трещины в своде притвора, паперть по трещине отделилась от колокольни. Кузнецкое землетрясение 1898г. сопровождалось сильным подземным гулом, который «... Скорее может быть назван треском, настолько он был резок. Всего ближе он напоминал грозовой удар, ... гул был более или менее одновременен удару» [32]. Гул отмечен во многих населенных пунктах (г.г. Минусинск, Барнаул, Бийск, с. Сорокино), но только в Кузнецке по времени он совпал с ударом, что, свидетельствует о том, что эпицентр землетрясения находился вблизи Кузнецка. В мировой практике отмечено, что сильный подземный гул - одна из характеристик большебалльных землетрясений

Детальное обследование И. П. Толмачевым населенных пунктов, расположенных вверх по Томи и западнее Кузнецка, и сведения очевидцев надежно определяют осевую, центральную зону плейстосейстовой области. Он установил, что сила удара и характер разрушения в с. Абашево (выпадение простенков в домах, передвижение самих стен), с. Боровиково (разрушена изба), с. Безруково и улусе Тарбагане (разрушены печи, сорваны крыши), расположенных на восток на расстоянии 18, 22, 27 и 32 км соответственно, примерно те же, что и в Кузнецке. Удары отмечены в с. с. Ильинское и Терехино, расположенных западнее Кузнецка. Таким образом, четко определилось субширотное направление плейстосейстовой области (сейсмического «пояса», по И.П. Толмачеву). Длина ее осевой линии более 50 км.

Местом эпицентра Кузнецкого землетрясения 1898 г. скорее всего, был район с. Безруково. В этом селе в результате землетрясения осела земля, образовались трещины до 50 см шириной, из которых стал вырываться огонь. Здесь загорелся метан, поступающий по образовавшемуся в результате землетрясения разлому. Факты возникновения огня и пожаров при сильных землетрясениях не единичны: обгоревшие кусты находили вдоль сейсмических разломов Спитакского землетрясения 1988 г. [4]. В других местах из трещин вода была ключом высотой до 70 см с песком и пахла «порохом» (по-видимому, сероводородом). У с. Абашево, на правом берегу р. Томи, отмечен довольно крупный горный обвал. Общеизвестно, что горные обвалы являются спутником высокобалльных землетрясений. [27]. И. П. Толмачев нашел трещины «по песку, выкинутому наружу и белыми полосами лежащими на зеленом лугу» [32]. На дне р. Черемзы «несколько ключей продолжали выкидывать белый песок с кусочками угля» (разрядка наша, В. А.). Выбрасываемый с водой уголь - свидетельство тому, что разлом, возникший в результате землетрясения, имея глубинный характер, захватил угленосную толщу и разрушил угленосный пласт (пласты). Из этой зоны разрушения поднимался по трещинам метан и горел.

В самом Кузнецке также имели место сейсмодислокации. Несколько осел край второй террасы против здания Почты, опустился на 15 см участок земли в саду Уездного училища, образовались трещины на поверхности земли. Геологические сейсмодислокации, возникшие в результате Кузнецкого землетрясения 1898 г., указывают на то, что его эпицентр находился в районе с. Безруково, расположенного в 30 км восточнее Кузнецка.

Второе сильное Кузнецкое землетрясение произошло спустя всего лишь не полных 5 лет: 12 марта 1903 г. и продолжалось 3 минуты 15 секунд. Считается, что оно было сильнее, чем землетрясение 1898 г. Как и при землетрясении 1898 г., при землетрясении 1903 г. образовались трещины во всех каменных зданиях Кузнецка. «В с. Ильинском в каменной церкви образовалась трещина по своду с севера на юг во всю арку здания», в улусе Тарбаган «падали камни с берегового утеса в р. Томь», в с. Безруково «...речку, из которой брали воду для питья, засыпало песком и вода ушла в землю» [18]. В Кузнецке в окнах лопались стекла.

Объективный показатель силы землетрясения 12 марта 1903 г.: оно было зарегистрировано сейсмическими приборами в Иркутске, Красноярске, Ташкенте, Тифлисе и Юрьеве (самая удаленная сейсмостанция), где амплитуда колебаний маятников достигла 6 мм. Землетрясение 1898 г. было отмечено здесь весьма слабыми колебаниями. О большой силе Кузнецкого землетрясения 1903 г. говорит тот факт, что колебание поверхности земли отмечалось на площади 200 000 км².

Какой же все-таки силы были Кузнецкие землетрясения 1898г. и 2003г? И.П. Толмачев пришел к мнению: «принимая во внимание всю совокупность разрушений, можно силу удара землетрясения 1898г. измерить баллом VIII» [32]. Отметим, что тогда применялась десятибалльная шкала Росси-Фареля. Как оценить силу этого землетрясения в современной двенадцатибалльной шкале Рихтера или MSK-64? Считается, что наибольшая сила Кузнецких землетрясений 1898 и 1903 гг. по шкале MSK-64 -7 баллов [13, 14]. По нашему мнению по макросейсмическим данным силу Кузнецких землетрясений можно оценить девятью баллами. Во всяком случае, обращаясь к описанию 9 и 10 балльных землетрясений: Мондинское (1950 г., 9 баллов), Муйское (1957г., 10 баллов), Баян-Цаганское (1958 г., 10 баллов), Средне-Байкальское (1959 г., 9 баллов) [28], Спитакское (1988г., 10 баллов) [4], Алтайское (2003 г., 10 баллов) [5] и др., мы находим целый ряд геологических проявлений (нарушение дневной поверхности, оползни, обвалы, осыпи камней, просадки террас, сейсмогенные разрывы, зоны трещин, сильный гул и раскаты грома, возникновение новых ключей и исчезновение старых, выбросы огня из образовавшихся разломов и др.), имевших место как при выше названных землетрясениях, так и при кузнецких землетрясениях 1898 г. и 1903 г. Такого рода сейсмодислокации - свидетельство высокой (не менее 9 баллов) интенсивности породивших их землетрясений [19]. На большую магнитуду кузнецких землетрясений указывает и длительность их афтершоковой деятельности. Установлено, что слабые землетрясения ($M < 5$) афтершоками не сопровождаются, а «длительность серий афтершоков в случае сильного землетрясения измеряются годами» [23]. После Кузнецкого землетрясения 1898 г. юг Кузбасса трясло почти пять лет, вплоть до 12 марта 1903 г. Многочисленные афтершоки (более 2000) зарегистрированы после 10 балльного Алтайского землетрясения 27 сентября 2003г.

Беря во внимание тот факт, что в селе Безруково возникли сейсмодислокации как при землетрясении 1898г., так и при землетрясении 1903г., можно уверенно считать, что район этого села и есть эпицентр обоих сильных землетрясений. Активизировался один и тот же участок (блок) земной коры. Условия возникновения их и механизм реализации были одни и те же. Чем это знаменательно? Тем, что и следующее сильное землетрясение случится с большой степенью вероятности, на «старом месте» и, следовательно, в зоне максимального сейсмического воздействия окажется мегаполис г. Новокузнецка. Этот вывод подкрепляется землетрясением, произошедшим на юге Кузбасса (силой 6-7 баллов, по Н.Д. Жалковскому [13]) 21 октября 1966г. Один и тот же участок в южной части Кузбасса явился генератором трех известных землетрясений 1898, 1903, 1966 гг. Здесь можно и надо ожидать и четвертое землетрясение. Какой силы? Сила его должна лежать в диапазоне 9-10 баллов по шкале Рихтера.

Определяя силу сотрясения в районе г. Новокузнецка, необходимо учесть, в том числе и плачевный опыт Спитакского землетрясения. Сила его (10 баллов) и магнитуда (7) оказались для сейсмологов совершенно неожиданными. Сейсмологами возможность возникновения в Северной Армении землетрясения силой более 8 баллов и магнитудой более 6,5 не допускалась. Геологам, исходя из тектонического строения этой территории и характера новейших тектонических движений, было очевидно, что землетрясение такой разрушительной силы, какое случилось, имело высокую степень вероятности [26]. Здесь ярко проявился различный подход к оценке максимальной силы землетрясения сейсмологами, которые опирались на силу прошлых событий и геологов, которые понимали,

что геолого-структурное устройство конкретно этой территории таково, что оно может генерировать десятибалльное землетрясение.

Мы считаем, что подобная ситуация имеет место для ожидаемых землетрясений юга Кузбасса. Сейсмологи дают 7 баллов. Конкретная тектоническая обстановка этой территории, ее геодинамические характеристики показывают, что здесь надо ожидать землетрясения силой 9-10 баллов. Здесь имеется полный набор геологических показаний формирования сильнейшего землетрясения: сложная неоднородная неустойчивая активно развивающаяся система разновеликих блоков, находящаяся в поле мощных касательных напряжений уже породивших в одном и том же месте «семью» сильных землетрясений.

ВРЕМЯ ОЖИДАЕМОГО КУЗНЕЦКОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ

Кузбасс находится в пределах Алтае-Саянско-Хангайской сейсмически активной области, где за последние 100 лет произошло четыре катастрофических землетрясения: Тонну-Ола (Хангайское) - 11 баллов (1905 г.), Гоби-Алтайское - 12 баллов (1957 г.), Баян-Цаганское - 10 баллов (1958 г.) и Алтайское-10 баллов (2003 г.), поэтому говорить о возможно наступившем сейсмическом затишье на юге Кузбасса преждевременно. Из далеко неполного ряда «Кузнецких землетрясений» (Рис.3) видно, что не столь уж большие временные интервалы между землетрясениями, чтобы можно было успокоиться и не ожидать здесь нового сильного землетрясения.

Сегодня главная проблема сейсмобезопасности юга Кузбасса - кратковременный прогноз землетрясения. Для решения этой задачи создается сеть сейсмических наблюдательных станций. Однако одной только сети сейсмостанций для прогноза землетрясений недостаточно. Как справедливо отметил известный сейсмолог В. П. Солоненко: «нельзя обходить молчанием по существу всем известный факт, что карты сейсмического районирования, созданные на сейсмостатистической основе - это кладбище прогнозов ... для территорий с интенсивной неотектоникой, но по сейсмостатистике с низким сейсмическим уровнем, они гораздо хуже, чем бесполезны» [26]. Юг Кузбасса как раз относится к такой территории, где имеет место интенсивная неотектоника и очень бедная статистическая база сейсмичности.

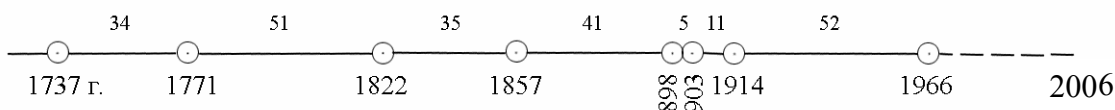


Рис. 3. Кузнецкий ряд отмеченных землетрясений

Отказываться от решения проблемы краткосрочного прогноза землетрясения для столь густо населенной и промышленно насыщенной территории, каковой является юг Кузбасса, лишь на том основании, что она в мире еще не решена, просто нельзя. Все сильные землетрясения мира в чём-то похожи, но в чём-то непохожи друг на друга. Непохожи потому, что зарождаются, развиваются и реализуются в своей, особенной тектонической и геодинамической обстановке. Предвестники японских землетрясений бесполезно переносить на локально-очаговую сейсмичность юга Кузбасса. Кузнецкие землетрясения возникают и локализуются в аномально напряженном, относительно небольшом по размеру блоке земной коры, и, возможно, точное знание поля горизонтальных, касательных напряжений в этом блоке, мониторинг временного состояния и динамики этого поля - ключ к краткосрочному (дни, часы) прогнозу. Одним словом, прежде всего надо искать «свои кузнецкие» предвестники. Возможно, при этом придется «примерить» к нашей территории известные сейсмические, гидрогеологические, геохимические, геофизические, геодезические, биологические и другие предвестники. Возможно, какие-то из них в конкретных геологических условиях юга Кузбасса окажутся эффективными. Важные сейсмические предвестники землетрясения – форшоки [23]. Для Кузнецкого землетрясения 1898 г. характерна активная продолжительная форшоковая деятельность. Главному толчку (7 июня) предшествовало 20 сотрясений почвы. Наиболее сильные толчки были зафиксированы 22 мая (дважды), 6 и 7 июня.

Подведём итог выводом М. В. Гзовского: «Длительно проявляющаяся направленность тектонических движений определяет локализацию сильных землетрясений в определённых районах и более или менее равномерную их повторяемость» [8]. Юг Кузбасса находится именно в таком тектоническом поле напряжений, и повторяемость здесь сильных землетрясений – объективная данность земной коры. Здесь тектоническое устройство и свойства земной коры - реально и объективно существующая типичная геологическая среда сильных землетрясений.

Литература

1. Ашурков В.А., Шамов С.Л. Раскол Евразийской плиты в северной части Алтае-Саянской горной области - сейсмический пояс с локальными очагами катастрофических землетрясений. // Сейсмология в Сибири на рубеже тысячелетий. Новосибир., 2000.
2. Батугина М.Р. и др. Материалы к познанию современных вертикальных движений земной коры на юго-востоке Западной Сибири. // Геол. и геофиз., №12, 1974.
3. Благовидова Т.Я. и др. Сейсмичность-Алтае Саянской области по инструментальным данным. // Геол. и геофиз.,

- №1, 1986.
4. Борисов Б.А. и др. Сейсмогенный разрыв. // Природа, №12, 1989.
 5. Геодаков А.С. и др. Материалы предварительного изучения сильного землетрясения 2003г. на Горном Алтае. // Вестник отд. Наук о земле РАН, №1 (21), 2003г.
 6. Говердовский В.А. Уникально ли Алтайское землетрясение 2003г. // Природные ресурсы Горного Алтая, 2004, №2, с.14-16.
 7. Губин И.Е. Многоэлементные карты сейсмического районирования. // Изв. АН СССР, Физика земли, №7, 1966.
 8. Гзовский М.В. Тектонофизическое обоснование геологических критериев сейсмичности, статьи I, II. // Изв. АН СССР, серия геофиз. №2, 3, 1957.
 9. Дучков А.Д. и др. Тепловой поток районов Алтае-Саянской области. // Геол. и геофиз., №8, 1974.
 10. Дучков А.Д. и др. Тепловой поток Западной части Алтае-Саянской области. // Геол. и геофиз., №4, 1978.
 11. Дучков А.Д. и др. Тепловое поле недр Сибири. // Новосиб., Наука, 1987, 197с.
 12. Еманов А.Ф. и др. Поиск подходов к сейсмическому мониторингу Алтае-Саянской складчатой области. // Сейсмология в Сибири на рубеже тысячелетий. Новосиб., 2000.
 13. Жалковский Н.Д. Некоторые результаты исследований сейсмичности Алтае-Саянской горной области. Региональн. // Геофиз. исследов. в Сибири. Изд. Наука, Н., 1967.
 14. Жалковский Н.Д. и др. Каталог сильных землетрясений Алтае-Саянской области. // Сб. Сейсмичность АСО, Н., 1975.
 15. Зоненшайн Л.П., Совостин Л.А. Введение в геодинамику. // М., Наука, 1979, 311с.
 16. Крылов С.В. Глубинные сейсмические исследования в районе Салаирского кряжа. // Геол. и геофиз., №7, 1971.
 17. Лаврентьев А.И. О неотектонических структурах и землетрясениях района Новокузнецка. // Геол. и геофиз., №9, 1971.
 18. Левицкий Г.Я. О Кузнецком землетрясении 12 марта 1903г. // Бюлл. Пост. центр. сейсмической комиссии за 1903г. Сиб., 1905.
 19. Никонов А.А. Земля землетрясений. // Природа, №12, 1989.
 20. Пах Э.М. Геотермия как один из методов познания. // Новые данные о геологии и полезных ископаемых Западной Сибири. Вып. 3, ТГУ, Томск, 1968.
 21. Петрушевский Б.А. Геологические условия возникновения землетрясений. // Сов. Геология, №2, 1960.
 22. Полетаев А.И. Узловые структуры земной коры. // М., 1992, 49с.
 23. Пшеничников К.В. Проблема афтершоков. // Геол. и геофиз., №1, 1964.
 24. Рейснер Г.И. Геологические методы оценки сейсмической опасности. // М., Недра, 1980, 173с.
 25. Семенцов Б.Г. Алтайское землетрясение сентября-октября 2003года. // Природные ресурсы Горного Алтая, 2005, №2, с.32-48.
 26. Соболев Г.А. Проблема прогноза землетрясений. // Природа, №12, 1989.
 27. Солоненко В.П. Определение эпицентральных зон землетрясений по геологическим признакам. // Изд. АН СССР, сер. геол., №11, 1962.
 28. Солоненко В.П. Сейсмология, геофизические поля Монголо-Охотского сейсмического пояса и проблемы прогноза землетрясений. // Геол. и геофиз., №2, 1986.
 29. Сурков В.С. и др. Тектоника и глубинное строение АССО. // Изд. Наука, М., 1973, 213с.
 30. Тепловой режим недр СССР. // Наука, М., 1970.
 31. Тектоника и глубинное строение АССО. // М., 1973, 144с.
 32. Толмачев И.П. Кузнецкое землетрясение 7(19) июня 1898г. // Императорская академия наук, Изв. сейсмич. комиссии, т. I, вып. 1, 1902.
 33. Цибульчик И.Д. О глубинах очагов землетрясений АССО. // Геол. и геофиз., №5, 1966.
 34. Шебалин Н.В. Балльность, магнитуда и глубина очагов землетрясений. // Кн. «Землетрясения в СССР» М., Изд. АН СССР, 1961.
 35. Яворский В.И., Ли П.Ф. Геология и генезис угленосных отложений Кузнецкого бассейна. // М., 1954, 171с.