ПРИЧИНА И СЛЕДСТВИЯ АЛТАЙСКОГО (ЧУЙСКОГО) ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ 27. 09. 2003 Г. ПРОБЛЕМА ПРОГНОЗА И ОЦЕНКИ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ КРУПНЫХ ГОРОДОВ

В.А. Ашурков

г. Новокузнецк

Проблема прогноза землетрясений не решена. Причины.

Чуйское землетрясение 2003 года представляет уникальную возможность взглянуть на проблему прогноза землетрясений с иной точки зрения, нежели принято сегодня, поставив во главу угла причину возникновения и процесс (механизм) подготовки землетрясения. Уникальность землетрясения еще и в том, что оно повторное. Со времени Чуйского землетрясения 1923 года прошло 80 лет. Это время подготовки Чуйского землетрясения 2003 года. По нашему мнению, если отследить от начала зарождения до финальной стадии (сброса накопленной энергии очага) подготовку землетрясения, предоставляется реальная возможность выйти на «засечку» установления оперативного (дни, часы) времени землетрясения, то есть решить проблему прогноза. Место Чуйского землетрясения 2003 года предоставляет возможность выполнить мониторинг всего цикла подготовки, поскольку здесь всего лишь 12 лет, как началась новая подготовка, и у нас еще, по крайней мере, есть 70 лет до даты третьего Чуйского землетрясения. Откуда такая уверенность, что в границах Курайской и Чуйской впадин началась подготовка следующего повторного сильного землетрясения? Основанием для такой уверенности является то, что причина зарождения землетрясений 1923 г. и 2003 г., равно как и землетрясений, произошедших здесь за последние тысячелетия, не исчезла. Причина местная, не устранимая. О причине будем говорить подробно позже.

Почему мы предлагаем переключиться на это неисследованное направление (исследование *исключительно* стадии подготовки землетрясения) поиска прямого предвестника времени землетрясения, самого трудноопределяемого параметра прогноза? В нашей стране работы по прогнозу (установление времени, места и силы) землетрясения были начаты после разрушительного Ашхабадского землетрясения 1948 года. Работы по проблеме прогноза длятся вот уже почти 70 лет. Если честно признаться, результат нулевой. Важная научная и народнохозяйственная задача не решена. При этом проблема прогноза становится всё более актуальной в связи с ростом населения городов и насыщения их промышленными объектами.

В нашей стране, да и во всём мире, проблема прогноза всё время решалась и продолжает решаться в основном на путях поиска предвестников землетрясения. Поскольку в геологической среде, в связи с подготовкой очага землетрясения, действительно протекают многие явления механической, электромагнитной, тепловой, флюидодинамической и химической природы [Садовский и др., 1987], была большая надежда обнаружить в гидрогеохимических, тепловых, геофизических полях, других аномалиях среды предвестники приближающегося землетрясения. На это поисковое направления было затрачены огромные средства и силы многочисленного отряда ученых не только нашей страны, но и Китая, Японии, США, Турции, Ирана, где катастрофические землетрясения регулярны. Было выявлено более тысячи (!) предвестников, более 140 из них запатентованы [Кондратьев, 2005]. Увы, надежда на предвестники себя не оправдала. Хотя на целом ряде случаев было зафиксировано, что сильные землетрясения сопровождаются геохимическими, гидрогеологическими и другими эффектами, засекающими момент (время) сброса энергии землетрясения. Сегодня приходится констатировать, что все дальнейшие попытки выделить среди предвестников необходимые для прогноза землетрясения бесперспективны. Попытка использовать для прогноза интегральный предвестник также оказалась безуспешной. Ни один из известных предвестников не обнаружил необходимой прогностической силы, что можно обьяснить тем, что все они косвенные, не связаны генетически с механизмом подготовки землетрясения.

Попытка установить и использовать для прогноза геологические критерии - особые свойства геологической среды (блочность, сгущение разломов, разрывы, особенности геологического строения очаговых зон и др.) - в силу большой неопределенности, невозможности связать их с механизмом подготовки землетрясения, также не увенчалась успехом в деле прогноза времени землетрясения, выделении мест повышенной сейсмичности, установления корреляционной связи их с сейсмическим режимом [Рейснер, 1980; Солоненко, 2005]. Попытка связать сейсмичность с особенностями глубинного строения земной коры и верхней мантии также не дала необходимой прогностической информации. Много сил и времени потрачено и продолжает тратиться на расшифровку механизма очага землетрясения, генерирующего сейсмические волны во время сброса накопленной энергии очага и разрывов земной поверхности. Сегодня вполне очевидно, что как стратегическое направление решение проблемы прогноза землетрясений на путях поиска необходимых косвенных предвестников, дальнейшего углубленного изучения физики очага, сейсмогенерирующих разрывов поверхности, геологии во всем широком её смысле, - направление тупиковое.

Для выхода из научного тупика, для решения неснимаемой с повестки дня проблемы прогноза землетрясений, в самую пору ставить вопрос о смене существующей парадигмы прогноза, смене концептуальной научной основы прогноза. Сегодня такая постановка вопроса более чем обоснована тем фактом, что работая в рамках существующей парадигмы, научное сообщество не только не вышло на реальный прогноз места, времени и силы землетрясения, но хотя бы сколько-нибудь значительно приблизилось к решению этой архиактуальной проблемы. По поводу современной парадигмы прогноза академик В.Н. Страхов сказал так: «...что регулярный краткосрочный прогноз невозможен (он не осуществим в рамках существующей парадигмы...» [Страхов, 1989, с.8].

Смена парадигмы совершенно не означает, что все, что было сделано в её рамках, полученная при этом информация, не нужно для дальнейшего движения вперед. Напротив, эта та надежная «печка», оттолкнувшись от которой можно идти вперед. Каждая парадигма в любой области познания принимается, исходя из достигнутого уровня науки и полученных знаний, и всегда является для своего времени путеводной звездой движения вперед. Вот и наша сегодня существующая парадигма зарождалась 100 лет назад, когда о землетрясениях тогдашняя наука практически ничего не знала. Имея опубликованные научные труды российских выдающихся ученых - Д.И.Мушкетова, Г.А.Гамбурцева, М.В.Гзовского, Г.П.Горшкова, Ю.В.Резниченко, Н.В.Шебалина, М.А.Садовского, Н.А.Фроленсова, В.П.Солоненко, Б.А.Петрушевского, И.Е.Губина, Г.А.Соболева и многих других - мы сегодня видим, как глубоко и всеохватывающе со всех сторон изучена проблема прогноза землетрясений. Как она сложна и трудна для «окончательного» решения. Велика значимость проделанной работы. Если бы что-то было не доделано, не доизучено, не доопробовано – стояла бы задача, так или иначе, выполнять дополнительные исследования. С нашего понимания, вся работа в рамках существующей сегодня парадигмы прогноза выполнена полно и качественно. Можно и надо идти вперед, но проблему надо решать в рамках новой парадигмы. К этой теме мы ещё вернемся.

В последнее время ряд специалистов ищут причины столь низкой эффективности решения проблемы прогноза [Солоненко, 2005]. Наиболее полно анализ причин сделан в работах О.К. Кондратьева [Кондратьев, 2000, 2005]. Предлагаются новые пути решения проблемы (регистрация сейсмических волн в очаговой зоне землетрясения). Но это всё та же концепция мониторинга очага (в рамках существующей парадигмы), но с применением новых методических решений. Автор понимает, что для оперативного прогноза землетрясений нужно «проведение целенаправленных исследований изменений состояния среды в их очаговых зонах. Таким образом, мы получим те данные, которые необходимы для понимания геодинамических процессов подготовки и свершения сильных катастрофических землетрясений» [Кондратьев, 2005, с.13]. Другими словами, этап подготовки землетрясения является тем звеном в цепи, ухватившись за которое можно вытащить всю цепь, т.е. решить

проблему прогноза землетрясения. На этап подготовки, на механизм подготовки землетрясения обращали своё внимание ряд крупных исследователей [Гзовский, 1975; Родионов и др., 1986; Садовский и др., 1987; Николаев, 1988]. Но получилось так, что процесс подготовки землетрясения не оказался в центре практической работы учёных и не исследован в той степени, чтобы из него можно было бы установить прямой критерий (предвестник) прогноза времени землетрясения. Действительно, где, как не в этапе подготовки, в котором происходит генерация и накачка упругой энергии деформируемой геологической среды, быть той, генетически обусловленной, столь нам необходимой информации, чтобы определить время - день (дни) и часы — землетрясения. По нашему мнению, сегодня это единственный путь решения проблемы прогноза. Ниже мы подготовке землетрясения посвятим специальный раздел.

Какие называются причины Чуйского землетрясения.

Со времени произошедшего в 2003 году Чуйского землетрясения прошло 13 лет, действительная причина его возникновения научным сообществом пока не определена и не принята [Геодаков и др., 2003; Говердовский, 2004; Ласточкин, Соловьев, 2005; Леви и др., 2006]. Впрочем, едва ли можно назвать хоть одно сильное землетрясение в мире, для которого определена настоящая причина землетрясения. Обычно авторитеты говорят: произошла тектоническая или сейсмическая активизация, или пришли в движение плиты. Конечно же, когда речь идёт об отдельно взятом землетрясении, для него такое определение причины — что оно есть, что его нет. В этом, очевидно, и кроется столь длительное время нерешения проблемы прогноза землетрясений. Не зная достоверно причину возникновения землетрясения, не находится и путь к его прогнозу.

При определении причины Чуйского землетрясения разными авторами называются разные механизмы его возникновения [Говердовский, 2004; Семенцов, 2005]. Назовём некоторые из них. «Геофизическая служба СО РАН сообщает, что сейсмическая активность в горах Алтая связана с процессами горообразования, проходящими в регионе. Одним из последствий этих процессов, в частности, стало и сильное Чуйское землетрясение 2003 года». «Где-то впадины проваливаются, а где-то горы поднимаются» (В.С. Селезнев, 27 июня 2014 г.). Казалось бы, что причина Чуйского землетрясения установлена – рост гор. Однако, приняв за причину рост гор, нужно навсегда забыть поиск путей решения проблемы прогноза землетрясений. Эта красивая и простая причина изначально не несет в себе никакой прогностической информации: ни о времени, ни о месте, ни о силе следующих землетрясений. Если принять, что горный массив Чуйских Альп в последнее время подрос, то равноправно можно считать, что это произошло как ответ среды на землетрясение. В этом случае землетрясение – причина роста гор, а не наоборот. Самая высокая гора мира Эверест в результате Непальского землетрясения 25.04.2015 года (М = 7.8) стала ниже на 2,5 см и сдвинулась на 3 см на юго-запад (Китайское издание China Daily). При Гоби-Алтайском землетрясении в Монголии 4 декабря 1957 года (М = 8,6) горный массив Ихэ-Богдо высотой 4 км за несколько минут поднялся на 10 м и сдвинулся на юго-восток на 8,85 м [Николаев, 1988, с.293; Солоненко и др., 1960]. Перемещение гор вверх-вниз – это не причина землетрясений, а следствие их. Не было бы Непальского землетрясения, и Эверест не уменьшился бы в высоту, и Ихэ-Богдо не поднялся бы, и Чуйские Альпы не «выросли» бы.

Во многих публикациях причиной землетрясения *назначается* тектоническая (сейсмическая) активизация региона, территории, отрезка разлома (разлом «ожил»). Почему назначается? Потому, что во всех случаях до землетрясения ни о какой «активизации» речь не поднимается и не устанавливается. Можно просмотреть все публикации о прошедших землетрясениях и не найти каких-либо данных о начавшейся накануне активизации. Но зато после землетрясения все враз говорят про активизацию. При таких фактографических данных (вернее, полного отсутствия их) так называемая тектоническая активизация в приложении к землетрясению не может быть его причиной. «Активизация» геологической среды действительно возникает, но только как ответ, как следствие сброса энергии очага. В этих

обстоятельствах активизация не может быть причиной. Аргументация этому видна на простом примере. Если стоящего человека толкнули — можно ли говорить, что он активизировался? Человек был принудительно перемещён. Данными GPS и спутниковых съёмок поверхности установлено перемещение блоков горных пород Курайской и Чуйской впадин (горизонтальный правосторонний сдвиг) [Михайлов и др., 2010; Еманов, Лескова, 2005]. Что, мы будем говорить, что Чуйское землетрясение возникло в результате смещения («активизации») этих блоков? Другими словами, что причина землетрясения — смещение блоков? Смещение блоков не может быть причиной возникновения землетрясения, хотя бы потому, что возникает вопрос: в результате каких динамических воздействий или процессов произошло смещение блоков, что является причиной сдвижения блоков? Понятно, что сдвижение — это следствие, а не причина землетрясения.

Проблеме установления причины Чуйского землетрясения 2003 года уделено большое место в статье Б.Г. Семенцова [Семенцов, 2005]. Надо сказать, что весь материал, касающийся землетрясения, подан автором статьи таким образом, что остаётся впечатление. что мы имеем работу большого научного и практического значения, закладывающую основу дальнейших исследований высокой сейсмичности Горного Алтая. Собран и всесторонне проанализирован богатый многоплановый исторический материал и всё то, что было получено на то время. Особо хочется отметить личностный характер статьи. Автор по многим рассматриваемым вопросам предлагает свою точку зрения, своё понимание механизмов процессов, аргументируя разнообразными и многочисленными фактографическими данными, почерпнутыми из знания геологии, геофизики, тектоники, палеосейсмогеологии и других наук о Земле. Впервые в мировой сейсмологической практике автор построил карту удельной сейсмической энергии Чуйского землетрясения [Семенцов, рис.3], выделившейся за время 27.09-17.10.2003 г. Трудно переоценить этот новый способ получения прямой информации, в первую очередь об очаге, вернее, об очаговой области, землетрясения. Мы впервые получили объективные данные о реальных площадных параметрах очага землетрясения. Если дополнить эту карту аналогичной картой афтершокового процесса, длящегося годы, картой (графиком) динамики выделения энергии во времени, добавив к ним разрезы размещения афтершоков в вертикальной плоскости, мы получим, наконец, если не полную, то почти исчерпывающую информацию о механизме очага, его объёмных параметрах и характере площадного размещения накопленной энергии в массиве горных пород.

Б.Г. Семенцов рассмотрел в той или иной степени детальности несколько, по его мнению, возможных причин возникновения Чуйского землетрясения. Детально рассмотрен изостазийский механизм, убедительно показан механизм подъёма, «всплывания» Северо-Чуйского «треугольника», подкрепленный расчетами необходимой энергии для его вертикального перемещения, не оставлен без внимания в качестве причины рост гор и опускание межгорных впадин. Не ставя цель обсуждать названные и другие возможные причины Чуйского землетрясения, хочется отметить лишь следующее. Плохо верится, что изостазия в медленно текущем процессе, уравновешивающем земную кору, имея дело с огромными массами горных пород и огромными территориями, снизошла бы до формирования необходимых условий подготовки землетрясения на весьма локальной площади. Площадь блока («треугольника»), где разразилось Чуйское землетрясение, 2800 км² [Семенцов, 2005, с.43]. Здесь налицо несогласованность масштабов (иерархии) процессов: процесса изостазии и всегда местного локального процесса возникновения землетрясения. Но дело всего прочего в том, что прогностическая сила изостазии нулевая. В действительной причине землетрясения, безусловно, кроется ключ к прогнозу. Как его вынуть из изостазии? Вот в чем вопрос. Найти связь (причину) особенностей глубинного строения земной коры и верхней мантии, мощности коры и рельефа поверхности Мохоровичича, фукционирования мантийных плюмов с возникновением землетрясения также бесперспективно. По крайней мере, по двум причинам. Во-первых, потому что землетрясения возникают в точках с самой разной мощностью земной коры. Например, в западной части Алтае-Саянской складчатой

области под Чуйским землетрясением земная кора имеет толщину 52 км, а Кузнецкие землетрясения 1898 г. и 1903 г. расположены на пике поверхности Мохо, где мощность земной коры всего 38 км. Во-вторых, что самое главное, при всем нашем старании едва ли удастся найти в этой связи столь необходимый прямой предвестник для дачи прогноза времени и места землетрясения. Можно выдвинуть десяток причин возникновения сильного землетрясения, вплоть до связи с солнечными пятнами, но нам нужна лишь одна (истинная) причина, которая выведет на реальный прогноз времени сброса энергии очага.

Б.Г. Семенцов, рассмотрев ряд возможных вариантов причины Чуйского землетрясения, однако, зная, что в районе широко развиты надвиги, шарьяжи, сдвиги, зоны смятия, изгибы структур, ортогональная система разломов «указывает на большую корректность применения «мобилистского» варианта для обоснования кинематической схемы Алтайского землетрясения» [Семенцов, 2005, с.45], то есть для установления единственно существующей причины.

Таким образом, делаем вывод: причина Чуйского землетрясения 2003 года на сегодня не определена.

Поиск верной причины и прямого предвестника землетрясения.

Вот что о причине возникновения землетрясения пишет В.П.Солоненко: «фактически причины землетрясений нам вообще не известны. О них можно делать только предположения...Схема, на которой основываются почти все сейсмологические разработки, - разлом – землетрясение - обезглавлена» [Солоненко, 2005, с.168]. Мы все же предпримем попытку установить причину Чуйского землетрясения, но будем использовать не схему «разлом – землетрясения», а схему «деформация – землетрясение».

Планетарная причина.

Знание причины нам нужно для того, чтобы получить прямой предвестник определения времени землетрясения. Именно только прямой предвестник, возникающий из его генетической природы, может, наконец, решить проблему прогноза землетрясения.

Общепринято, что высокая сейсмичность Внутренней Азии обусловлена коллизией Индостанского и Евразийского субконтинентов (планетарных плит). Индийская плита, двигаясь почти строго на север, а Евразийская плита, двигаясь навстречу, столкнувшись, раскололи некогда единый континент южной части Евразии на 8 малых плит [Зоненшайн, Савостин, 1989, рис. 45], часть из которых, продолжая дробиться, образовала ансамбль микроплит с разными векторами перемещения. Взаимодействие между собой вновь образованных ещё более малых плит и микроплит создало вдоль границ этих жёстких блоков земной коры зоны деформации. Сложная мозаика межблочных зон деформации и определила рассеянную сейсмичность на всей обширной территории Внутренней Азии. Столкновение Индостана с Евразией произошло 30 миллионов лет назад [Зоненшайн, Савостин, 1979, с. 268]. Следовательно, можно полагать, что землетрясения в зоне столкновения и продолжающегося продвижения Индостана на север существовали миллионы лет назад, возникают и в наше время.

Малые плиты Алтае-Саянской складчатой области (АССО), интересующие нас в первую очередь, образовались в результате раскола её территории под давлением Сибирской платформы (юго-западной части Евразийской плиты), перемещающейся на юго-запад. В Горном Алтае, в его юго-восточной части, обособилась Западно-Саянская микроплита (ЗСМП), двигающаяся в широтном направлении с некоторым отклонением на юго-запад. В границах АССО выделяются микроплиты: Восточно-Саянская, Минусинская, Тувинская, Западно-Саянская (ЗСМП), Алтайская, Барнаульская, Салаирская и Кузбасская, имеющие в настоящее время дифференцированное движение. Если, например, ЗСМП двигается на запад-юго-запад, то Барнаульская и Салаирская микроплиты двигаются в обратном направлении - на северо-восток. Скорости движения микроплит АССО не определялись. Можно принять среднюю скорость перемещения плит, определенную по сейсмическим моментам 12 крупнейших землетрясений Центральной Азии, которая составляет 2 см/год. Индийская

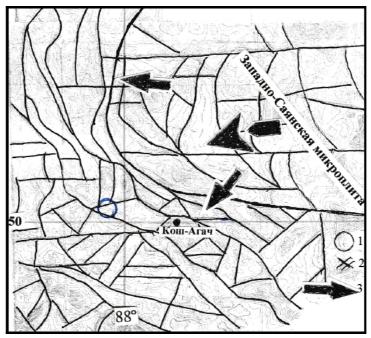


Рис. 1. Схема блоков юго-востока юга Горного Алтая района Чуйского землетрясения 2003 г. (использована карта остаточных аномалий силы тяжести м-ба 1:1000000 [Ковалев, 1991]).

1 – эпицентр землетрясения; 2 – разломы; 3 - вектор давления и перемещения Западно-Саянской микроплиты.

плита продвигается к Евразийской плите со скоростью 4.5 см/год [Зоненшайн, Савостин, 1989, с. 242]. Теперь эти скорости подтверждены спутниковыми измерениями.

Представим, что в известное историческое время Западно-Саянская микроплита, двигаясь в системе микроплит АССО, столкнулась с Алтайской микроплитой. Что стало происходить в зоне столкновения? Возникла на долгое (вечное) время обстановка мощнейшей деформации горных пород, с начала на границах столкнувшихся микроплит, затем деформация охватила внутренние области атакующего и атакованного массивов горных пород по всему фронту столкновения. Образовался 50 километровый надвиг пород Западно-Саянской микроплиты на породы Юстыдско-Чуйского и Уймено-Лебедского прогибов восточной части Алтайской микроплиты. Этот надвиг впервые установил А.С. Мухин в 1939 г. [Мухин, 1939], позже многократно подтверждён рядом исследователей [Дергунов, 1972] Особенно ярко проявилась деформация структурного плана. Образовались масштабные дугообразные изгибы геологических толщ. Давление на Алтайскую микроплиту со стороны Западно-Саянской микроплиты было столь мощным, постоянным во времени и длительным, что дугообразный изгиб образовали и структурные зоны, расположенные между Рудным Алтаем и Телецко-Курайской зоной смятия. «Отложения Ануйско-Чуйского прогиба в результате давления со стороны Западного Саяна были смяты в складки и частично сдвинуты в СЗ направлении вдоль Теректинско-Чарышского разлома» [Сурков и др.,1973, с.130; Тектоническая карта, 1997]. О серьёзном динамическом воздействии свидетельствует и разбитость на блоки поперечными разломами территории Курайской и Чуйской впадин (рис. 1).

Отметим, что деформации изгиба хорошо проявились на геофизических картах: аномальных магнитного и гравитационного полей (рис. 2).

Породы Курайской и Чуйской впадин до глубины определения 15 км составляют 2,65г/см³, породы Западно-Саянского блока 2,78 г/см³ [Сурков и др., 1973]. Это дополнительно предопределяет высокую деформацию менее плотных, более податливых к изменению пород впадин.

Местоположение Чуйского землетрясения во фронтальной зоне движения ЗСМП, в месте максимального изгиба геологических толщ, то есть в области наибольшей деформа-

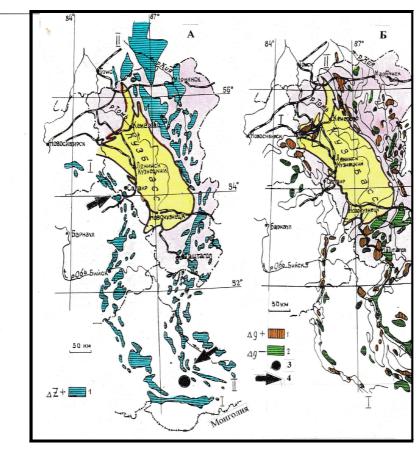


Рис. 2. Схема локальных аномалий магнитного (A) и гравитационного (Б) полей. 1 - положительные аномалии; 2 – отрицательные аномалии; 3 – местоположение Чуйского землетрясения 2003 г; 4 – активные внешние силы. Пояса аномалий: І-І Салаиро-Алтайский; ІІ-ІІ Кузнецко-Алтайский – зоны глубинных разломов.

ции горных пород, позволяет понять механизм возникновения и последующей подготовки сильного землетрясения. Чуйское землетрясение зародилось в результате механического (по законам механики) взаимодействия двух геологических тел, одно из которых (ЗСМП) является носителем активных внешних сил, приложенных на другое тело (массивы Курайской и Чуйской впадин), которое, попав под постоянное динамическое воздействие первого тела, погружается во многодесятилетний (многовековой) процесс деформации. Процесс деформации – это процесс накопления в геологической среде упругой энергии и формирования очага землетрясения. Следовательно, первопричина всех сильных землетрясений на континентах с гипоцентрами до 20 км – наличие активных горизонтальных внешних сил, деформирующих геологическую среду.

Все первые сильные землетрясения на Земле возникли в результате столкновения и дальнейшего взаимодействия двух геологических тел (плит, малых плит, микроплит). Все последующие землетрясения (речь идёт о повторных землетрясениях) возникают по причине того, что внешние силы в данном районе после землетрясения не исчезают. В силу геологической природы, продолжающейся эволюции движения блоков земной коры, сила давления двигающейся на запад Западно-Саянской микроплиты на массивы горных пород Курайской и Чуйской впадин геологически вечна, следовательно, и условия возникновения здесь землетрясений вечны.

Автор к установлению причины возникновения сильных землетрясений подошел следующим образом. Все в мире явления, события, существующие природные процессы находятся в причинно-следственной взаимосвязи. Главное звено — причина. Нет причины — нет следствия. Причина землетрясения это то, что приводит к кардинальной деформации среды (массива горных пород), которая при деформации накапливает упругую энергию в очаге до

уровня предела прочности горных пород деформируемого массива, до мгновенного сброса энергии, что называется ёмким и страшным словом – землетрясение.

Что создает и обеспечивает в течение многих десятилетий деформацию? Деформацию массива горных пород создаёт активная внешняя сила, приложенная к массиву. Вот единственная причина любого землетрясения мира. Внешняя сила (причина) и деформация (следствие) находятся в прямой причинно-следственной связи. Интересно, как выглядит в таком случае очаг землетрясения? Очаг формируется в массиве горных пород при его деформации. Стало быть, деформация по отношению к очагу является причиной его возникновения, следовательно, очаг - следствие. Не будет деформации - не будет очага. С какой целью мы так подробно рассматриваем эти причинно-следственные связи? Мы хотим расставить всё по своим местам. Причину поставить на свое тронное место, а очаг, сбрасывающий накопленную энергию и «генерирующий» сейсмические волны, поместить в зону следственных отношений, не имеющих абсолютно никакого отношения к генезису землетрясения. Это нужно для того, чтобы сказать: сколько бы мы впредь не бились над расшифровкой природы и механизма очага, мы не найдем в нём ключа к прогнозу времени землетрясения. Очаг, будучи следствием другого процесса (деформации), по определению не может иметь прямого критерия прогноза (предвестника) землетрясения. В этом вся суть дела прогноза. Его нужно искать только в этапе подготовки землетрясения на временном отрезке: старт - финиш деформации. При этом последнюю можно считать только причиной формирования очага, а первопричиной землетрясения, безусловно, является внешняя сила. Сила - мера механического воздействия со стороны одного тела на другое тело, величина векторная и каждый момент времени характеризуется численным значением, направлением в пространстве и точкой приложения. Примат остаётся за внешней силой, она творит землетрясения. В фундамент новой парадигмы надо положить внешнюю силу и деформацию.

Таким образом, в нашем понимании, сколько бы ни был очаг землетрясения значим в системе подготовки сильного землетрясения, он всего лишь некий объём горных пород локального концентрированного накопления и сохранения упругой энергии, генерируемой вне его границ. Хочется привести аналогию из нефтяной геологии. Месторождение нефти – это её скопление в природной ловушке. В ловушке нефть не генерируется, а лишь накапливается, аккумулируется и до поры до времени сохраняется. По-существу, очаг – это просто породная ловушка энергии, продуцирующейся в деформируемом массиве горных пород.

Итак, причина Чуйского землетрясения — простое механическое динамическое взаимодействие в условиях горизонтального сжатия двух геологических тел: Запано-Саянской микроплиты, представляющей собой активную внешнюю силу длительного (десятилетия) давления (давление — физическая величина, характеризующаяся интенсивность нормальной, т.е. перпендикулярной к поверхности сил, с которыми одно тело действует на поверхность другого) на среду, и массива горных пород (блока) Курайской и Чуйской впадин, подвергающемуся сильнейшей деформации. Продукт которой - генерация упругой энергии и накопление её в очаге и очаговой области землетрясения. Иначе: причина землетрясения — столкновение двух геологических тел, рождающих упругую энергию и накапливающую её в одном из них.

Подготовка землетрясения - ключ к прогнозу времени землетрясения.

Известно, что землетрясение готовится долго. И выходит, что во всех сейсмических континентальных районах планеты по единому сценарию: горизонтальное давление -деформация среды - землетрясение. Время подготовки землетрясения с М=8.0 равно примерно 150 лет [Садовский и др., 1987]. Время подготовки Чуйского землетрясения 2003 года, магнитуда которого равна 7.3, было 80 лет, Непальского разрушительного землетрясения 2015 г. 80 лет. Со дня Кузнецкого землетрясения 1903 г. прошло 112 лет. Время подготовки землетрясения — это продолжительность сейсмического цикла (промежуток времени между повторными землетрясениями) землетрясения [Садовский и др., 1987, с.78]. Механизм подготовки - это механизм накопления упругой энергии в деформируемой геологической среде (очаге и очаговой области).

Группа механизмов	Вид механизма	Характеристики полей напряжений		
		Наблюдаемые деформации и разрывы	Траектории главных нормальных напряжений	места действия наибольших касат ных напряжений
Горизонтальное	продольногональном удлинении F		6, 	
1	gg → 9 ':			

Рис. 3. Тектоническое поле напряжений и тип механизма деформирования (по [Гзовский, Михайлова, 1978]).

8 – простирание тектонической зональности; 9 – активные внешние силы; 10 – траектория главных нормальных напряжений; 11 – места действия касательных напряжений.

Следующее Чуйское землетрясения начало готовиться сразу после сброса накопленной энергии в очаге. Понятно, что не вся накопленная энергия деформируемым массивом горных пород (очагом) была сброшена. Основная причина тому та, что внешняя сила деформации не исчезла, продолжает давить на массив горных пород, демпфируя выход энергии. Афтершоковый процесс сбросил часть энергии, но значительная часть её осталась в области очага. Поскольку деформация не прекратилась, а продолжается в том же режиме, в каком готовилось землетрясение 2003 года, новые порции упругой энергии генерируются и закачиваются в деформируемый массив. Рассмотрим механизм накопления энергии.

Процесс генерации и утилизации упругой энергии в геологической среде происходит всегда только при динамическом взаимодействии двух геологических тел. Конкретно на юго-востоке Горного Алтая, где произошло Чуйское землетрясение, сейчас происходит следующее. В массиве горных пород Курайской и Чуйской впадин, при продолжающемся давлении Западного Саяна, стремящемся уравновесить действие внешних сил, возникают внутренние силы или силы упругости, определяющие напряженное состояние в геологической системе. При динамическом взаимодействии и противодействии двух тел создаётся нормальное, перпендикулярное к плоскости соприкосновения противодействующего тела и тангенциальное (касательное) напряжение в границах деформируемого тела (см. рис. 3).

М.В. Гзовский считал, что землетрясения располагаются в области касательных напряжений: «...касательные напряжения вызывают разрывы и землетрясения» [Гзовский, 1975, с. 269]. Упругая энергия деформации горных пород утилизируется (накапливается) в деформируемом массиве горных пород в зоне касательных напряжений [Гзовский, 1975]. Время накопления энергии до предела упругости пород юга Горного Алтая порядка 80 лет. Поскольку деформируемый массив горных пород, аккумулирующий энергию, не является энергетически замкнутой системой, накапливаемая энергия будет частично диссипировать (рассеиваться) в геологическую среду, в результате будет происходить некоторая релаксация (уменьшение) энергии. Формирование (накачка энергией) очага и всей области очага землетрясения будет происходить соответственно закону сохранения энергии. Энергетический баланс системы: энергия подвода извне (энергия давления ЗСМП, затраченная на деформирование), равна энергии накопленной в очаге плюс энергия диссипации. Очевидно, в силу многих причин (лунно-солнечное притяжение, неравномерность вращения Земли и др.), влияющих на «жизнь» земной коры, прежде всего верхнего его слоя, где формируются очаги разрушительных землетрясений, накачка энергией очагов будет происходить не линейно, а в режиме некоторых ускорений и замедлений. Но тренд накопления энергии всегда будет в сторону увеличения накопленной энергии. Во время всего процесса накопления энергии происходит изменение напряженного состояния среды, что проявляется, в частности, в виде крипа - квазипластического течения земных масс, или в виде форшоков, релаксирующих напряжение.

Очаг землетрясения. Конечная «станция» на пути процесса накопления упругой энергии. В специальной литературе можно встретить едва ли не десяток определений очага [Шебалин, 1984]. Мы, следуя представлениям, что единственной причиной возникновения землетрясения является наличие в геологической среде внешней силы деформации, дадим следующее определение: очаг землетрясения - это некий объём горных пород, накапливающий упругую энергию деформации до предельной прочности пород.

Если говорить об очаге применительно к Чуйскому землетрясению, то можно дать такое определение: очаг выделившейся при землетрясении удельной сейсмической энергии - это объём горных пород, примерно 70х10х20 км, определенный по карте афтершокового процесса, максимально деформированных и, следовательно, предельно накопивших упругую энергию [Еманов, Лескова, 2005]. Запас энергии подготавливаемых землетрясений ограничивается уровнем сдвиговых деформаций. Интересно отметить: из, очевидно, нескольких тысяч афтершоков два толчка резко выделяются по магнитуде. Главный толчок (М=7.3) землетрясения произошел 27.09, и в этот же день, спустя 7 ч. 21 мин., произошел второй толчок магнитудой 6.3., а 1 октября произошел третий сейсмический толчок магнитудой 6.7., расположенный рядом со вторым. Это нас наводит на размышления такого рода. Мы привыкли считать, что при подготовке землетрясения готовится один очаг. Но в силу неоднородности геологической среды, не одинакового приложения внешних сил к массиву и разной интенсивности деформации отдельных участков горных пород, в нем может сформироваться несколько очагов. Что это даёт? Во-первых, формируется новый взгляд на то, что в деформированной среде одновременно могут готовиться несколько очагов, из которых один главный, накопивший предельный уровень упругой энергии, другой (другие) «недозревшие» очаги, не успевшие накопить полный объём упругой энергии, но её всё же сбросивших, будучи спровоцированными триггерным механизмом главного толчка. Таким образом, если принять концепцию множественности очагов землетрясения, мы подведём научную базу под афтершоки магнитудой меньшей главного толчка всего на 10-15 %. Такие толчки, скорее всего, надо считать не афтершоками, а самостоятельными землетрясениями. Спросите, какая разница, как их считать? Разница, очевидно, больше психологическая. Если мы будем знать, что после первого толчка могут последовать еще одно или два новых землетрясения, то можем как-то к ним подготовиться. Оно не будет столь внезапным, столь неожиданным. Во-вторых, такой взгляд на формирование нескольких очагов может нам пригодиться, когда мы приступим к мониторингу динамики поля напряжения территории готовящегося землетрясения.

Обратим внимание на расположение места главного толчка и всех последующих толчков афтершоков Чуйского землетрясения. Очаг и 90 % афтершоков локализовались на западной границе Курайской и Чуйской впадин, вблизи или соприкасаясь с Северо-Чуйским и Южно-Чуйским хребтами [Еманов, Лескова, 2005; Ласточкин, Соловьев, 2005]. Это означает, что площадь максимальных касательных напряжений, в поле которых накапливается максимальное количество упругой энергии [Гзовский, 1975], локализуется именно перед блок-упором. Мы полагаем, что структуры этих хребтов и послужили блок-упором, экранирующим распространение на юго-запад высвободившейся энергии землетрясения. Здесь за пределами главной зоны напряжения сформировались несколько сотен афтершоков (миниочагов). Значительно в меньшем числе сформировались они в границах Западно-Саянской микроплиты и Чуйских хребтов, что хорошо видно на рис. 4.

Это свидетельствует о том, что умеренная деформация горных пород и накопление известного количества упругой энергии происходила и в породах этих структур. Проблема форшоков и афтершоков в настоящее время всё ещё не решена: не могут разделить сейсми-

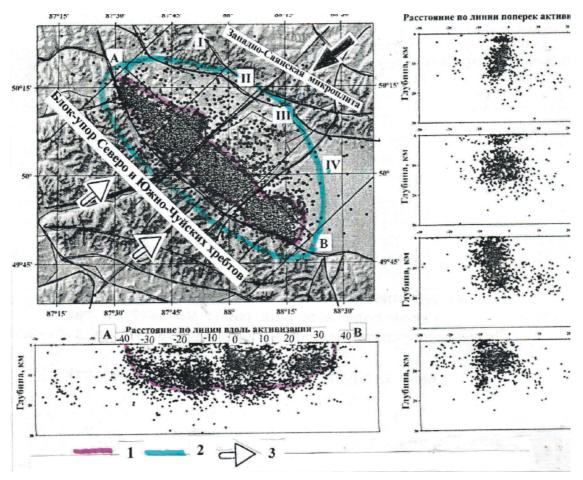


Рис. 4. Трехмерная структура афтершокового процесса (по [Еманов, Лескова, 2005] с добавлениями автора).

1 – внутренний контур очага Чуйского землетрясения 2003 г.; 2 – внешний контур очага; 3 – активные внешние силы.

ческие толчки произошедшие через некоторое время после землетрясения. Они ещё афтершоки или уже форшоки следующего землетрясения? [Пшенников, 1984].

Прогноз места землетрясений.

В настоящее время критериев определения мест землетрясений не выработано, кроме общих рекомендаций типа установления «тектонических движений высокой скорости», участков «затишья» и др. Мы, исходя из того, что все сильные землетрясения рождаются и готовятся в близповерхностном 20-километровом слое земной коры в результате деформации первоначально сформированной структуры геологических формаций, предлагаем в качестве критерия прогноза места землетрясения использовать запечатлённый в современной структуре самой верхней части земной коры и дневной поверхности рисунок былых деформаций геологической среды. Следовательно, критерием должен быть интегральный рисунок деформации: прежде всего изгибы и сдвижение геологических толщ, возникших в результате давления на них внешних сил, а также деформации в виде торошения (надвигания, поддвигания), зон смятия, повышенной трещиноватости, сближенных разломов, повышенной раздробленности, брекчий, палеосейсмогеологических деформаций и др. Все эти признаки можно легко найти на месте Чуйского землетрясения. При этом не старайтесь найти в структурном рисунке деформированной геологической среды генетические признаки (критерии) прогноза землетрясения. Их не существует, по одной простой причине: геологическая среда, как бы она ни была устроена, как бы ни была наполнена отличающимися горными породами, как бы ни обладала какими-то особыми отличительными качествами (состав, возраст, время консолидации и др.) она всегда нейтральна и не причастна к возникновению землетрясения. Она принудительно искажается (deformatio – искажение),

принудительно формоизменяется (изгибы). Если бы на месте Чуйского землетрясения была бы другая геологическая среда, то на феномен зарождения здесь землетрясения это бы не имело ровно никакого значения. Повторим, если мы хотим найти пути прогноза землетрясения, геология, в самом широком смысле, не имеет к этой проблеме ни прямого, ни косвенного отношения. Геология - это всего лишь нейтральное поле, на котором разыгрывается динамическое взаимодействие двух физических тел, готовящих (генерирующих) в конечном счете, землетрясение.

Следует, однако, отметить, что горные породы деформируемого массива в силу их реологических свойств - упругости, вязкости, пластичности и прочности - могут значимо влиять на протекание процесса деформации и, следовательно, на время накопления упругой энергии в очаге и очаговой области. Если, к примеру, величины названных свойств будут средние, то сейсмический цикл будет равен, скажем, 90 лет. Другие значения параметров свойств, варьирующие в сторону уменьшения или увеличения, будут сколько-то сокращать или добавлять время подготовки землетрясения. Таким образом, вся роль геологии в возникновении землетрясения сводится лишь к такому её участию. Из геологии нельзя выудить ни малейшего прогностического признака. Их и не нашли, как ни старались, за многие десятилетия поисков. Кстати, большинство исследователей и сейчас полагают, что в геологии есть что-то такое, что влияет или как-то связано с возникновением землетрясений, призывая продолжать более детальное изучение геологической обстановки районов сильных землетрясений.

Итак, современный геолого-структурный рисунок деформации, запечатлённый в геологической среде, является главным критерием установления места готовящегося землетрясения. Вот как рекомендовал решать вопрос места М.В. Гзовский: «Оконтуривая максимум касательных напряжений, проще всего решать вопрос прогноза места землетрясения: его эпицентральная область должна располагаться над максимумом напряжённости [Гзовский, 1975, с. 265]. Но дело всё в том, что вопрос места этим способом не решается, потому что у нас нет данных по местоположению касательных напряжений. А вот по рисунку деформации, который напрямую связан с полем касательных напряжений, место очаговой области землетрясения определяется.

Прямой предвестник времени землетрясения.

Перед человечеством стояла и продолжает стоять нерешённая проблема прогноза сильных землетрясений. Население планеты увеличивается с каждым годом, соответственно увеличивается и общее число жертв землетрясений. Наука просто обязана решить эту проблему. Вместе с тем, уже упорно повторяется, что прогноз времени землетрясения, в силу сложности, мультидисциплинарности, отсутствия современной научной теории, - задача в принципе не решаема.

Мы не согласны с таким мнением и предлагаем переключиться с косвенных предвестников на поиск прямых предвестников, генетически связанных с зарождением и подготов-кой землетрясений. Оставив совершенно бесперспективную поисковую работу с огромным массивом косвенных предвестников и другие подходы решения проблемы, не связанные с генезисом разрушительных землетрясений, локализирующихся в подкорке земной коры (этаж 5-20 км). Предлагаем принять базовую поисковую концепцию: установление действительно существующей местной первопричины (наличия внешней силы) возникновения землетрясения и мониторинг всего этапа накопления упругой энергии в очаге (очаговой области) с момента начала (можно подключаться на любом отрезке времени) накопления до момента первого сейсмического толчка в недрах (момента сброса энергии) Фиксируя уровень (запас) накопления энергии, мы реально выходим на установление прямого предвестника землетрясения. Представим процесс накопления энергии в динамике. В деформируемом блоке горных пород (накопителе) в самом начале нового цикла накопления, в силу того, что внешняя нагрузка не была снята, было какое-то количество упругой энергии. Мы её измерили и нанесли на график, назовём его: «график накопления упругой энергии очага». Далее, зная,

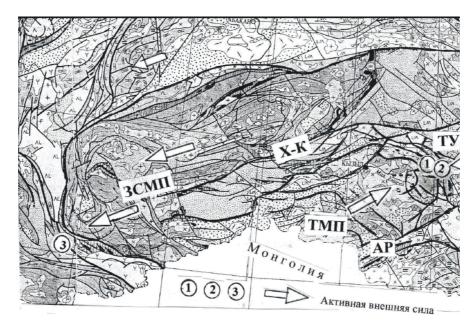


Рис. 5. Положение землетрясений Тывы в зоне столкновения Тувинской миниплиты и Тувинского устойчивого массива (геологическая обстановка по [Тектоническая карта Сибири, 1997]).

 $TM\Pi$ — Тувинская миниплита; TYM — Тувинский устойчивый массив (блок-упор); $3CM\Pi$ — Западно-Саянская микроплита; X-К — Кемчинско-Куртубашский разлом; AP — Агордакский разлом. 1 — Тувинское землетрясение 2011 г.; 2 — Тувинское землетрясение 2012 г.; Чуйское землетрясение, 2003 г.

что накопление энергии происходит с неизменным трендом увеличения в очаге, по данным мониторинга (замеров величины нарастающих напряжений) строим график. На финальной стадии (на самом финише подготовки) накопления очаг накопил предельное количество упругой энергии. «Вследствие упругового деформирования объёма-дилатации может накапливаться теоретически неограниченное количество энергии» [Николаев, 1988, с. 274]. Любое изменение формы массива ведёт к генерации и накоплению упругой энергии. Однако лимит накопленной энергии ограничивается прочностью горных пород, после достижения которого энергия не может больше накапливается. Когда очаг (массив) полностью накачан упругой энергией, он существует какое-то время в режиме «ожидания триггера» (спускового крючка). «Триггер – любой сигнал извне мгновенно выводит систему из устойчивого состояния в неустойчивое» [Энциклопедический словарь, 1984]. Понятно, что «триггерное время» является прямым предвестником землетрясения, позволяющим сделать оперативный (дни, часы) прогноз времени землетрясения. На графике накопления энергии этот прямой предвестник будет зафиксирован отсутствием точек роста (увеличения) упругой энергии. Величина накопленной энергии какое-то время будет постоянной. Вид графика накопления - «клюка».

Стало быть, надо на территории очага, скажем, ожидаемого повторного Кузнецкого сильного землетрясения (что оно будет, никто не сомневается, и место его рисунком деформации среды определено), начать выполнять мониторинг продолжающегося роста напряжения (упругой энергии) уже проходящего этапа финальной подготовки землетрясения. Здесь реально зафиксировать «триггерное время начала мгновенного сброса энергии» и, наконец, решить проблему прогноза времени землетрясения.

Проверка пригодности факторов внешней силы и деформации среды для определения причины землетрясений.

Для этой цели автор взял землетрясения Тывы, где в последнее время произошло два сильных землетрясения 27.12.2011г (M=6.7) и 06.06.2012г (M=6.5), и последнее разрушительное Непальское землетрясение 15.04.2015г. (M=7.9). Сегодня, судя по литературным источникам, причина землетрясений трактуется лишь в самом общем виде: произошло дви-

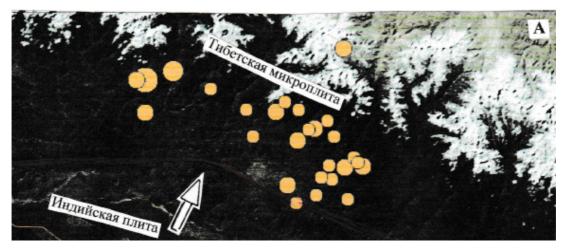


Рис. 6А. Карта очага и афтершоков Непальского землетрясения 25.04.2015.



Рис. 6Б. Космоснимок района Непальского землетрясения. Стрелки – активная внешняя сила; красная линия – линия надвига/

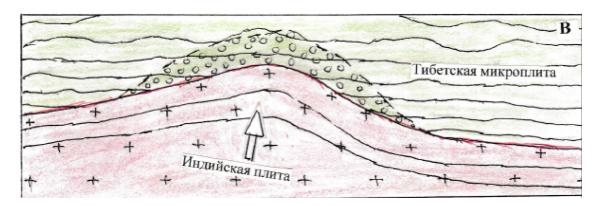


Рис. 6В. Схема характера деформационного внедрения Индийской плиты в тело Тибетской микроплиты в районе Непальского землетрясения.

жение планетарных плит. Для общих рассуждений это можно принять. Но мы продолжаем настаивать, что для каждого землетрясения, в каком бы районе оно ни произошло, есть своя местная, если хотите локальная (не планетарная) причина. Зная её можно кроме всего прочего выйти на прогноз времени и места следующих землетрясений.

Тыва. Чтобы установить причину сильных землетрясений Тывы надо было установить активную внешнюю силу одного геологического тела, оказывающего давление на другое (деформируемое) геологическое тело. Мы установили, что здесь активная внешняя сила – это сила движения Тувинской микроплиты (ТМП) по парным Хемчикско-Куртушибинскому и Агардакскому разломам [Тектоническая карта, 1997] в субширотном направлении (противоположном движению Западно-Саянской микроплиты) (ТМП на рис. 5) и столкновение её с Тувинским устойчивым массивом (ТУМ), который, оказывая сопротивление, начал деформироваться (высокая степень деформации хорошо видна на рисунке) и накапливать напряжения (упругую энергию) землетрясения. В зоне максимальной деформации, в области максимальных касательных напряжений, 100 км восточнее г. Кызыл, и возникли очаги землетрясений 2011 и 2012 гг. Таким образом, полагаем, что предложенная методика установления причины Тувинских землетрясений успешно прошла проверку.

Непальское землетрясение 25.04.2015 года. Казалось бы, с причиной Непальских разрушительных землетрясений всё понятно. Индийская плита (активная внешняя сила), надвигаясь на северо-западе на Памирскую, а на юго-востоке на Тибетскую микроплиты, создавая на границе столкновения протяжённую Гималайскую зону деформации, определяет всю сейсмическую обстановку Гималаев. Это причина для всего гималайского сейсмического пояса в целом, и здесь вопросов нет. Однако многие годы остается без ответа наиважнейший вопрос: почему в зоне столкновения именно на отрезке, где расположен г. Катманду (столица Непала) и прилегающие районы, происходят (повторяются) сильные землетрясения? Теперь у нас есть на него ответ. При анализе космических снимков (ГУГЛ карта) района землетрясения и площади афтершоков мы выяснили, что здесь Индийская плита вклинивается (вдвигается) в Тибетскую микроплиту значительно дальше (больше), чем в других секторах зоны столкновения, что хорошо видно на космическом снимке (рис. 6. А, Б), и давит на неё с большой силой, выгибая и сдвигая на северо-восток геологические толщи (рис. 6, А, Б. В). Деформация геологической среды создаёт аномально повышенное напряжение и все условия накопления упругой энергии в деформируемой области (очаге землетрясения). Здесь работает та же формула подготовки землетрясения: наличие активной внешней силы – деформация – накопление упругой энергии. Всё предельно просто и понятно. Мы еще более укрепились в своём мнении, что такая методика решает проблему установления причины и места внутриконтинентальных сильных землетрясений.

Есть ли связь сейсмичности юго-запада Монголии, Салаира и Кузбасса?

Если такая связь существует, то она может осуществляться, скорее всего, через систему разломов. Поэтому мы составили для юго-запада Монголии и западной части Алтае-Саянской складчатой области единую карту разломов (см.рис.7). При составлении использованы следующие материалы: Тектоническая карта масштаба 1:2 500 000, редакторы В.С. Сурков, В.П. Коробейников, 1997 г.; Геологическая карта западной части Алтае-Саянской области, масштаб 1:2500 000, редакторы И.Н. Звонарёв, Л.Д. Староверов, В.Д. Фомичёв, 1963 г.; Структурно-тектоническая карта масштаба 1:500 000, автор Л.Е. Корнев; Карта остаточных аномалий силы тяжести масштаба 1:500 000, автор А.А. Ковалёв, 1990 г.; Геологическая карта северо-западной части Монгольского Алтая масштаба 1:500 000, автор В.В. Бессоненко, 1985 г.; Геологическая карта Монголии масштаба 1:1 000 000, Уланбатор, 1998 г. [Благовидова и др., 1986].

Не останавливаясь на описании карты, отметим лишь то, что десятки крупных и мелких разломов юго-запада Монголии, восточного и центрального Горного и Степного Алтая, Горной Шории, Кузнецкого Алатау и Салаира образуют единую северо-западную зону разломов шириной до 200 км. На юго-востоке Горного Алтая, примерно в том месте, где

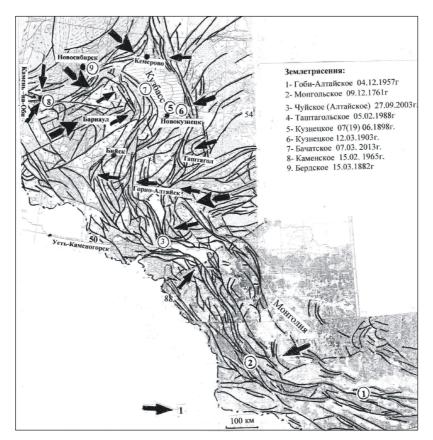


Рис. 7. Карта разломов северо-запада Монголии и Западно-Саянской складчатой области, стрелками показаны активные внешние силы.

произошло Чуйское землетрясение 2003 года, монгольская зона разломов разделилась на три ветви. Западная ветвь пошла через Рудный Алтай в район г. Камень-на-Оби, центральная ветвь пошла через города Горно-Алтайск и Бийск на Салаир, восточная пошла через г. Таштагол на северо-запад Кузнецкого Алатау в район г. Кемерово и далее на север. Кузбасс оказался между разломами салаирской и кузнецко-алатауской ветвей северной части единой зоны разломов. Необходимо отметить следующее. Часть разломов зоны на всём её протяжении, безусловно, могла бы иметь одно название, но в силу понятных причин в Монголии, Горном Алтае, Горной Шории, Салаире имеют разные названия.

Существует представление, что Земля является планетарным энергетическим объектом. Она имеет единое энергетическое поле наряду с магнитным, гравитационным, тепловым, информационным полями. Энергетическое поле также имеет две составляющие: нормальное (фоновое) и аномальное в отдельных зонах. Считается, что при каждом выбросе энергии (землетрясении) энергетическое поле планеты, реагируя, осуществляет известную перестройку, в частности - перетоки (перераспределение упругих напряжений) энергии по своим энерговодам-каналам, в первую очередь в сейсмическом районе, где произошло землетрясение. В качестве каналов перетоков выступают разломы (зоны сближенных разломов). В этом случае говорят о миграции очагов сильных землетрясений по разломам - сейсмогенам планеты. Такая миграция отмечалась для Алеутских островов, Камчатки, Чили, Калифорнии (США), Турции, Ирана [Лукьянов, 1964; Николаев, 1964]. Наглядный пример миграции очага сильных землетрясений - в Иране. На западной границе Блока Лут в субмеридианальном разломе с севера на юг последовательно произошли землетрясения Табасское (1978 г.), Керманское (1992 г.) и Бамское (2003 г.).

Здесь время определить роль разломов в сейсмическом процессе, в возникновении и подготовки землетрясения. Роль любого конкретного разлома в миграции упругой энергии в верхнем слое земной коры определяется однозначно. Разломы — особые геологические

тела максимальной трещиноватости, заполненные глиноподобным материалом, максимальной дезинтегрированности и разрушенности, пониженной плотности. Это делает их эффективным природным проводником упругой энергии. Разломы - своего рода капиллярные сосуды планеты, по которым движутся потоки флюидов, тепла недр, течёт энергия, в том числе упругая энергия, освободившаяся при землетрясениях.

При сильных землетрясениях выделяется колоссальная энергия. При землетрясениях магнитудой 8.0 она достигает 10¹⁹дж. Количество выделенной упругой энергии при Чуйском землетрясении составляет 1.152 х 10¹⁸дж [Семенцов, 2005, с. 43]. Энергия из очага в момент сброса уходит в виде звуковой волны (подземный звук, гром, треск), виде световой энергии (яркий свет), виде различного рода излучений: ультрафиолетового, рентгеновского потока заряженных частиц, которые быстро рассеивается, но подавляющая часть упругой энергии канализируется в разломах. Эта энергия образует разрывы земной поверхности и многокилометровые трещины. При Гоби-Алтайском землетрясении 4 декабря 1957 года (М=8.6, интенсивность 12 баллов) образовался разрыв в виде крупных трещин протяженностью 683 км. Ширина зоны трещин достигала 2,5 км [Солоненко и др., 1960, с. 21]. При этом часто устанавливается, что трещины «оживляют» древние разломы. При Болнайском землетрясении 1905 г. (М=8.3) в Монголии был вспорот Болнайский разлом на протяжении 400 км [Зоненшайн, Савостин, 1979, с. 235; Хилько и др., 1975]. Создается полное понимания того, что большая часть разломов современных сейсмических областей сформирована многократными сейсмическими воздействиями (землетрясениями). В наше время очевидно, что там, где имеются старые разломы, высвобождающаяся энергия очага вспарывает (оживляет) их, утилизируя, канализируя энергию. Там, где таких разломов нет, такие случаи имеют место, упругая энергия землетрясения осуществляет разрыв земной поверхности, который в будущем при многократных землетрясениях сформируется в «настоящий» разлом.

Из вышесказанного можно сделать только одно суждение: разрывы очаговой зоны не являются факторами возникновения землетрясений. Роль их сводится лишь к тому, чтобы послужить природным приёмником главной части упругой энергии, которая осталась после создания волнообразного коробления дневной поверхности и сдвижения блоков горных пород. Придавать разрывам роль образующих факторов землетрясений нет никаких оснований.

Поскольку миграция упругой энергии землетрясений по разломам-каналам существует, надо принять, как должное, связь сейсмичности юго-запада Монголии (Гоби-Алтайское и др. землетрясения), Горного Алтая с сейсмичностью Салаира и Кузбасса, возможно, Приобья.

Прогноз землетрясений. Оценка сейсмичности городов.

Методика прогноза и оценки. Из всего вышеизложенного материала сделано заключение, что все землетрясения АССО возникают и готовятся в местах земной коры, подвергшейся сильнейшей деформации внешними силами. Следовательно, в основе всех построений и выводов лежат два фактора: активные внешние силы и реальная деформация. И некоторый учёт продолжительности сейсмического цикла (времени подготовки землетрясения).

Горный Алтай. На юго-востоке Горного Алтая в районе, где произошло Чуйское землетрясения 2003 года, начался новый цикл подготовки сильного землетрясения. Внешние силы (движение на запад Западно-Саянской микроплиты), подготовившие Чуйское землетрясение, продолжают действовать в том же режиме, деформируя среду, поэтому предопределенность здесь сильного землетрясения стопроцентная. Если следовать мнению, что большая часть упругой энергии, выделившейся в результате сильного землетрясения, канализируется в разломах и мигрирует по ним, то можно ожидать, что она, мигрируя, может быть добавкой к уже накопившейся в местных очагах потенциальной энергии, в первую очередь в районах Уймонской и Абайской впадин. В районе Уймонской впадины на более детальной геологической карте, заимствованной нами из работы [Чебров, Крупчатников, 2005], хорошо виден деформационный рисунок тектонических образований и структур, выгнутых в северо-восточном направлении в результате давления внешних сил с югозапада (см. рис. 8).

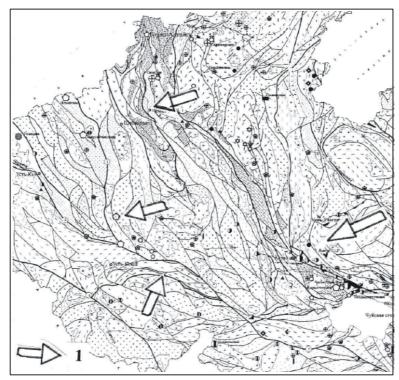


Рис. 8. Карта геологического строения Республики Алтай. Стрелкой показана активная внешняя сила.

Кстати, 11 ноября 2015 г. в Уймонской впадине (район с. Мульта) произошло землетрясение магнитудой 3.6 (сотрясение 4.3 балла). Возможно, реализовалась миграционная энергия Чуйского землетрясения 2003 г. В районе Абайской впадины под давлением внешней силы структуры выгнуты на юго-запад. В районах значительных деформаций геологической среды западной части Горного Алтая вполне можно ожидать накопление упругой энергии в деформируемых горных породах и сброса её в очагах землетрясений. Если принять как установленный факт последовательное во времени перемещение очагов по разломам, в частности Турции и Ирана, то почему бы не принять переток части энергии от Чуйского землетрясения по северо-западным разломам восточного Горного Алтая. Ведь «перешагнули» же через государственную границу сильные землетрясения Монголии в Тыву и на юго-восток Горного Алтая.

Горно-Алтайск. Территория города и прилегающих окрестностей в структурном плане представляют собой серию структурно-формационных зон, синхронно выгнутых (деформированных) на запад. Стрела прогиба структурно-формационных зон Каимской (номер 14 на рис. 9), Белокурихинской (4), Ануйской (13) и части Талицкой (3) в месте максимального изгиба порядка 150 км.

Внешние силы, приведшие к столь сильной деформации геологической среды, - это давление северо-западного угла Западно-Саянской микроплиты и Бийско-Катунского срединного массива, двигающихся на запад. В деформации в основном участвует Бийско-Катунский срединный массив, который, что хорошо видно на рисунке, тоже перемещается на запад. Это подтверждается формой срединного массива и изгибом расположенного восточнее массива Уйменско-Лебедского прогиба. Горно-Алтайск расположен, пожалуй, в самом напряжённом месте геологической среды на западной границе Бийско-Катунского срединного массива. Таким образом, по нашему мнению, аргументировано можно считать, что Горно-Алтайск располагается на территории, на которой и сегодня происходят деформационные процессы геологической среды, при которых формируются очаги, накапливающие упругую энергию. Другими словами, эта территория Горного Алтая потенциально должна классифицироваться как сейсмически опасная. Трудно сказать, какой магнитуды здесь мо-

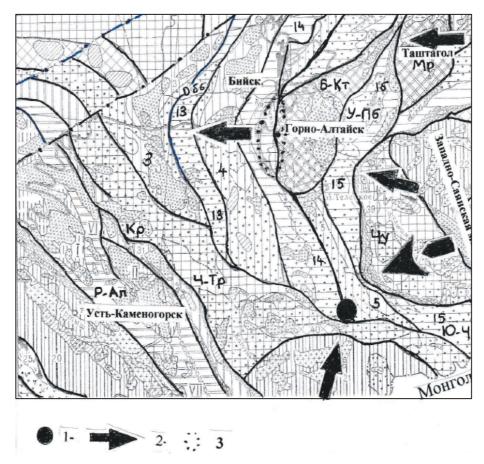


Рис. 9. Фрагмент карты районирования АССО по типам развития структур (по [Сурков и др., 1973]).

1 — местоположение Чуйского землетрясения 2003 г.; 2 — активные внешние силы; 3 — предполагаемое место землетрясения; ЧУ — Чулышманский устойчивый массив; Ю-ЧУ — Юстыдско-Чуйский прогиб; У-Лб — уймено-Лебедский прогиб; Ч-ТР — Чарышско-Терехтинский устойчивый массив; 21 — Холзунско-Чуйский антиклинорий; 14 — Каимская синклинорная структура; 4 — Белокурихинская антиклинорная зона; 13 — Ануйская синклинорная зона; 5 — Кадринско-Баратальская антиклинорная зона; Б-Кт — Бийско-Катунский срединный массив; Мр — Мрасский срединный массив; 15 — Кондомско-Юстыдская синклинорная зона.

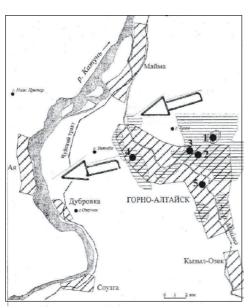


Рис. 10. Карта сейсмического районирования Горно-Алтайска (по [Семенцов, 2005]).

Стрелка – активная внешняя сила.

гут быть землетрясения, но, судя по масштабам деформации и приложенным внешним силам к деформируемым массивам горных пород, магнитуду равную 5.5-6 можно ожидать. 5-балльное землетрясение в районе г.Горно-Алтайска было в 1956 г.

В связи с таким заключением нужно было бы собрать (если они ещё не собраны) дополнительные данные по сейсмогеологической палеодеформации горных пород по отдельным структурноформационным комплексам. Деформационный изгиб структур, который хорошо запечатлён в изгибе рек Катуни и Майма на рис. 10, взятом из работы [Семенцов, 2005], повышенная блокировка территории, знание внешних сил, производящих деформацию среды, позволяют наметить местонахождение очага готовящегося землетрясения, которое расположено на левом берегу р. Катуни в районе с. Ая.

Можно ожидать, что прямые признаки деформации - смятие, торошение пород, повышенная тре-

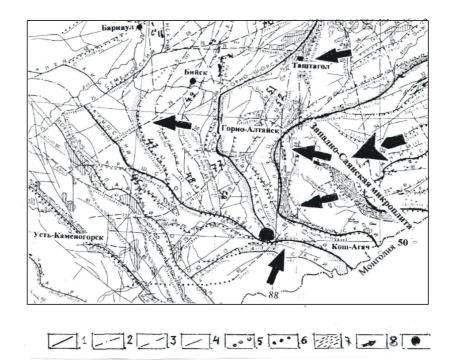


Рис. 11. Фрагмент карты разломов АССО.

1 — разграничивающие складчатые области разного возраста консолидации; 2 — разграничивающие СФЗ; 3 — сквозные; 4- прочие; 5 — развивающиеся в переходном этапе; 6 — проявившиеся в неоген-четвертичное время; 7 — зоны смятия; 8 — активная внешняя сила давления; 9 — место Чуйского землетрясения 2003 г.; некоторые разломы: 45 — Хайдунский; 47 — Бащелакский; 48 — Чёрно-Ануйский; 49 — Куячинский; 50 — Сарасинский; 51 — Сийский; 52 — Байгольский; 70 — Ташелгино-Темирский 77 — Ульбо-Чаинский.

щиноватость, высокая степень динамометаморфизма и др. - могли бы уточнить место очага землетрясения.

Бийск. Расположен на северо-западном фланге зоны деформации, в которой в центре находится Горно-Алтайск. Несколько периферийное положение Бийска и прилегающих к нему территорий делает сейсмичность, по сравнению с сейсмичностью Горно-Алтайска, более спокойной и менее напряжённой. Однако то, что Бийск расположен на широтном колене реки Оби, в месте пересечения нескольких региональных разломов - Хайдунского (номер 45 на рис. 11), Чёрно-Ануйского (48), Бийско-Сибирячихинского (76) и Широтного -, то есть в месте повышенной тектонической сложности и напряжённости, заставляет считать эту территорию как потенциально сейсмически опасную. Здесь могут быть землетрясения, по крайней мере, среднего класса энергии.

Белокуриха. Находится на территории, испытавшей деформацию, осуществляющую внешней силой, возникшей в результате движения на запад Бийско-Катунского срединного массива. Ярко выраженные дуговые изгибы рек Песчаной и Ануя, текущих западнее Белокурихи – прямое свидетельство сдвижения блоков горных пород на запад. Геологическая среда в настоящее время продолжает находиться под постоянным давлениям и продолжает деформироваться, то есть обладает факторами, благоприятными для зарождения и формирования землетрясения. Скорее всего, не сильного, но всё же в какой-то степени опасного для Белокурихи.

Таштагол. Находится в юго-западной зоне разломов Мрасского срединного массива. Здесь в трёх километрах западнее города 05.02.1988 года произошло землетрясение магнитудой 5.5. (см. рис. 7). Причина землетрясения - давление двигающегося на юго-запад Мрасского срединного массива на комплекс отложений Уймено-Лебедского прогиба. В результате сжатия по всему фронту деформации породы образовали зону смятия и дробления. Стрела изгиба составила 25 км. Вблизи Таштагола повторное землетрясение вполне реально, поскольку внешняя сила в лице движения Мрасского массива осталась на месте и деформация геологической среды продолжается. Чему свидетельства - частые горные удары в Таштагольском руднике Гороной Шории, которые вполне могут сиграть роль триггера.

Новокузнецк и города юга Кузбасса. Оценка сегодняшнего уровня сейсмоопасности Новокузнецка и городов юга Кузбасса, предельно насыщенных промышленными предприятиями, плотно заселёнными людьми - задача сверхактуальная. Для этой территории степень сейсмического риска максимальна. Она обосновывается большой вероятностью повторного сильного землетрясения. Со времени сильных Кузнецких землетрясений 1898 г. и 1903 г. прошло 112 лет, срок достаточный, чтобы полагать, что в недрах юга Кузбасса этап подготовки (сейсмический цикл) очага землетрясения близок к завершению. Отметим, что Кузнецкие землетрясения имеют все признаки, которыми характеризуются все сильные разрушительные землетрясения: длительный афтершоковый процесс, длящийся годы, разжижение грунта и выброс на поверхность песка, сильный гул, предшествующий землетрясению, появление новых источников воды и исчезновение старых, сходы лавин. Во время землетрясения 1898 г. несколько дней горел, вырвавшийся по разлому, глубинный газ

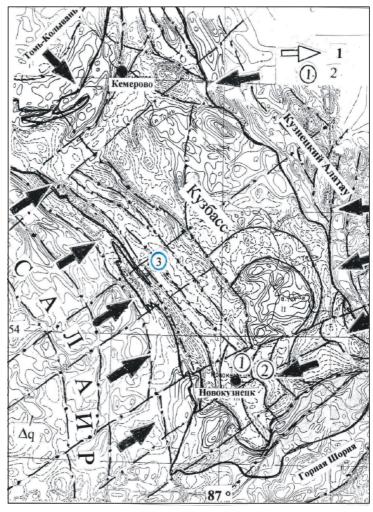


Рис. 12. Геодинамическая схема Кузбасса и смежных структур.

1 — активные внешние силы; 2 — Кузнецкие землетрясения 1898 г (1), 1903 (2); 3 - Бачатское 2011г.

(метан?). Огонь наблюдался при Спитакском разрушительном землетрясении 1985 года.

Какова причина возникновения Кузнецких землетрясений? Понятно, как и в случае с Чуйским землетрясением 2003 года, без активной внешней силы землетрясения не возникли бы. Здесь внешние силы — это силы давления блоков Кузнецкого Алатау на структуры юга Кузбасса. Кузнецко-Алатаусская микроплита под давлением Сибирской платформы, сдвигаясь на юго-запад, прессует всю северо-восточную часть бассейна. Характерно, что сила давления не одинакова по всему фронту, некоторые блоки микроплиты давят сильнее, вдвигаясь в Кузбасс. Таким оказался блок, который столкнулся с юго-восточной частью Кузбасса, в результате чего угленосные отложения, расположенные между Терсинской кольцевой структуры и Пригорношорским блоком, сопротивляясь внешнему давлению, смяты, раздроблены и сдвинуты по паре параллельных разломов на юго-запад [Ашурков, Шамов, 2000; Ашурков, 2006]. Возник характерный рисунок геологических структур - серия пластин, синхронно выгнутых в сторону Салаира (рис. 12).

Такой тип деформации геологической среды имел место до самого блок-упора, в роли которого оказался Салаирский кряж, его юго-восточный блок. В этой максимально деформированной геологической среде и располагаются землетрясения 1898, 1903 и 1966 гг., то есть, место ожидаемого повторного землетрясения определено однозначно, что позволяет организовать здесь мониторинг нарастания напряжений и контроль темпа накопления упругой энергии в очаге ожидаемого землетрясения.

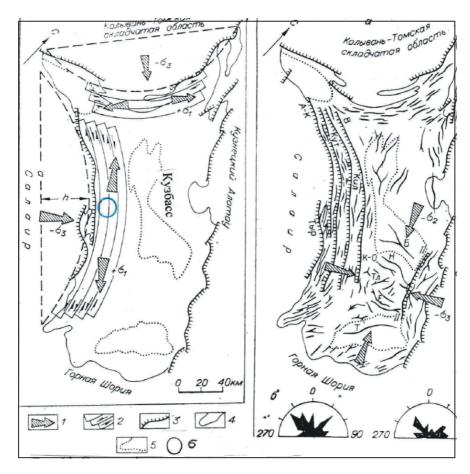


Рис. 13. Слева – схема деформации краевых зон Кузнецкого бассейна (по [Жингель, 1982]).

1 — направления осей главных нормальных напряжений ($+y_1$ — растягивающих, $-y_2$ — сжимающих) и 2 — относительного смещения блоков по трещинам концентрического скольжения; 3 — крупные тектонические разрывы; границы: 4 — бассейна по основанию угленосных отложений и 5 — распространения юрских отложений; 2 — предполагаемая граница бассейна до деформации; 2 — Бачатское землетрясение 2013 г.

Справа – главнейшие разрывы и оси складок в бассейне (a) и розы-диаграммы простираний осей складок (б) и разрывов (в) юго-восточной части бассейна. Взбросы: В – Виноградовский, К – Кильчигизский, Кут – кутоновский, А – Афонино-Киселевский, Тыр –Тырганские синклинали: Б – Бунгарапская, К-О Кыргай-Осташкинская, Е – Ерунаковская, Т – Тутуясская, Тл – Талдинская брахисинклиналь; антиклинали: Н- Нарыкская

Можно нередко слышать, что массовые взрывы на шахтах и карьерах Кузбасса это благо, поскольку, удаляя часть накопленного в недрах напряжения, играют роль «предохранительного клапана» и таким образом удаляют время наступления сильного землетрясения. Такая роль взрывов - большое заблуждение или «это кому-то надо». Об этом однозначно заявили ещё в начале XX века Б. Гутенберг и К. Рихтер. Вот что они писали: «утверждение, что слабые землетрясения играют роль «предохранительного клапана», замедляя наступление сильного землетрясения, неверно» [Гутенберг, Рихтер, 1948, с.136]. А поскольку взрывы в карьерах, по сути, являются слабыми землетрясениями, то заключение ученых их касается вполне. Роль массовых взрывов в качестве триггера сильного землетрясения не исключается.

Кемерово. Расположен в северо-восточном углу Кузбасса на реке Томь. При оценке сейсмичности и сейсмической опасности города и прилегающей территории северо-восто-ка Кузбасса необходимо учитывать, что эти территории находятся в зоне столкновения Западно-Сибирской плиты, двигающейся на юго-восток (её фронтальная зона здесь Томь-Колынская система геологических формаций, входящая в Буготакско-Митрофановскую зону краевых поднятий и прогибов [Тектоническая карта Сибири, 1997], и Мартайгинского ус-

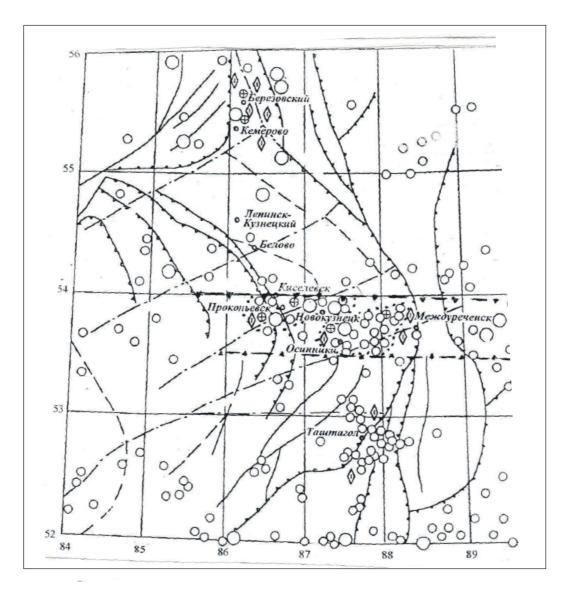


Рис. 14. Карта эпицентров землетрясений Кузбасса с 1943 по 2000 гг. с энергетическим классом К>7 и очагов динамических явлений (по [Благовидова и др. 1986]). Кружки - крупные - К>14, мелкие – К от 7 до 14, с крестиком – внезапные выбросы; ромбы – горные удары.

тойчивого массива, представляющего собой фронтальную часть двигающейся на юго-запад Минусинской микроплиты АССО. Другими словами, город Кемерово находится в тисках двух двигающихся навстречу блоков земной коры (см. рис. 7). Почему здесь не произошло сильное землетрясение – большой вопрос! Необходимые условия возникновения и подготовки здесь сильного землетрясения налицо: наличие внешних сил, деформирующих геологическую среду, и реальные доказательства, что она (среда) ранее деформировалась, свидетельствуют расчёты [Жингель, 1982]. Здесь так же, как и в Присалаирье, отложения Томь-Колывани образовали дугу выпуклостью в сторону бассейна радиусом 100 км и величиной прогиба 46 км. Длина хорды (по [Жингелт, 1982, с. 66]) составляет 70 км, длина дуги 50 км, относительное удлинение (растяжение) 20 % (рис. 13). Может быть, большее удлинение связано с меньшим радиусом дуги, то есть большим давлением (сжатием) массива горных пород (дуга более крутая). Может быть, столь большое относительное удлинение угленосных отложений перед фронтом Томского надвига является компенсатором накапливающейся упругой энергии в деформируемой среде. То, что деформация горных пород здесь происходит и сегодня, доказывает большое число горных ударов в угольных шахтах и землетрясений малого энергетического класса (рис. 14).

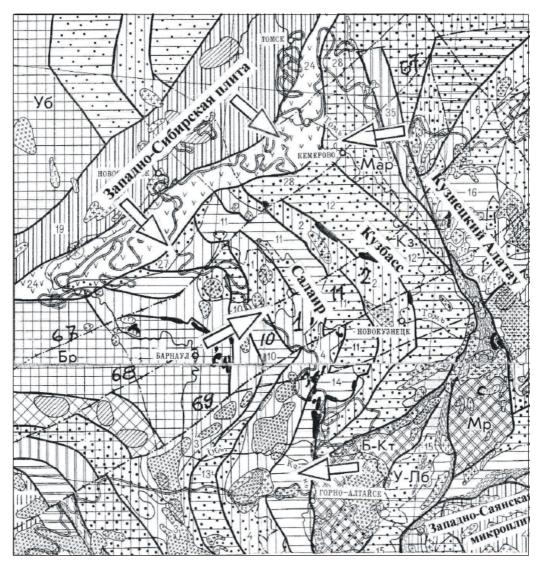


Рис. 15. Фрагмент карты районирования АССО по типам развития структур (по [Жеро, Сурков, 1972]).

Стрелкой показана активная внешняя сила.

Одним словом, вероятность возникновения опасного землетрясения в районе Кемерово имеет своё динамическое (силовое) и деформационное обоснование.

Барнаул. Расположен на Барнаульском устойчивом массиве, движущимся под давлением внешней силы Казахстанской плиты в северо-восточном направлении в сторону Кузнецкой впадины. Сейсмическая обстановка города и его прилегающих территорий относительно спокойная, пожалуй, самая спокойная из всех городов. Что обеспечивается тем, что блоки Барнаульского устойчивого массива и блоки структурно-формационных зон находятся перед фронтом двигающегося массива (рис. 15). Западно-Салаирская (10 на рис. 15), Центрально-Салаирская (1), Восточно-Салаирская (11) и, отчасти, Западно-Кузнецкая (2) относительно свободно, без серьёзных деформаций горных пород, перемещаются по параллельным региональным разломам Пеньковскому (67), Барнаульско-Саранинскому (68) и Кытмановскому (69) в сторону Кузбасса. Поскольку перед фронтом движения блоков до самого Салаирского кряжа нет блок-упора, можно сказать, что вся энергия, или, по крайней мере, её большая часть, расходуется на сдвижение блоков, не имея необходимых условий накопления в очагах.

Салаир. Сейсмичность Салаира определяется тем, что, двигаясь вместе с Барнаульским массивом на северо-восток, он столкнулся с Кузнецкой впадиной, выполненной угленосной и подугленосной толщей осадков мощностью порядка 20 км. В зоне столкновения

произошла, и в настоящее время продолжается, сильнейшая деформация геологической среды. Сам Салаир по всему фронту столкновения оказался надвинут на Кузбасс в среднем на 30 км, что подтверждено сначала гравиметрией, затем сейсмическими профилями, а угленосные отложения и угольные пласты, некогда имевшие бассейновое горизонтальное залегание, собраны в крутые складки, разделённые разломами. Восточная граница Салаира в зоне соприкосновения с Кузбассом приобрела вид дуги. Деформацию горных пород бассейна детально (по законам механики) рассмотрел И.П. Жингель (1982). По его расчётам, деформация реализовалась в виде дуги радиусом 170 км, стрела прогиба которой (h) составляет 44 км при длине хорды (а) 224 км. Длина дуги при такой хорде равна 246 км, «... относительное удлинение, которое испытала прилегающая к Салаиру зона угленосных отложений, составляет 10 %» (см. рис.13). Это удлинение (относительное смещение масс) западной части Кузбасса по образовавшимся крупным тектоническим разрывам-разломам Виноградовскому, Кильчигишскому, Кутоновскому, Афонино-Киселёвскому, Тырганскому и есть ответ геологической среды на мощное внешнее давления (приложения внешней силы) со стороны Салаира.

Как ранее было показано на примере Чуйского землетрясения 2003 года, именно в такой обстановке нормальных (горизонтальное давление внешней силы) напряжений и касательных (в деформируемой среде) напряжений, перпендикулярным нормальным, зарождаются и подготавливаются землетрясения. Что и происходит в настоящее время на прилегающих к Салаиру деформируемых угленосных толщах. Здесь однозначно устанавливается и причина (внешняя сила, сжимающая массив горных пород), и следствие - ответ на деформацию): два необходимых условия для возникновения локальных очагов аккумуляции упругой энергии землетрясений. Наличие этих условий и есть ответ на вопрос: почему в районе Бачат в 2013 году произошло землетрясение.

Поскольку внешнюю силу давления Салаира на Кузбасс убрать невозможно, землетрясения в западной части бассейна, где расположены города Прокопьевск, Киселёвск, Белово и Ленинск-Кузнецк, будут происходить. К этому надо быть готовым.

Камень-на-Оби. Сейсмичность города и прилегающих территорий определяется двумя внешними силами. Одна сила — это боковое давление на Буготакско-Митрофановскую зону, в которой расположен город, двигающегося на северо-восток Барнаульского устойчивого массива, другая — фронтальная внешняя сила давления на зону со стороны Новосибирской антиклинорной зоны Западно-Сибирской плиты (рис. 7, 15).

В районе города Камень-на-Оби последнее сильное (M=5¹/₄) землетрясение произошло 15 апреля 1965 г., которое было детально исследовано [Благовидова и др., 1986]. В прошлом в этом районе землетрясения зафиксированы в 1829 (Сузунское), 1914, 1948, 1985 годах [Сейсмичность Алтае-Саянской области, 1975]. Три землетрясения на отрезке времени 50 лет (1914-85) свидетельствуют, что район г. Камень-на-Оби имеет высокий сейсмический риск. Вероятность повторного землетрясения подкрепляется землетрясениями последнего времени на Салаире и в Кузбассе, что подтверждает продолжающееся давление Барнаульского массива как на горные породы, расположенные перед его фронтом, так на его флангах. Наличие двух внешних сил, давящих с двух сторон на массив горных пород и деформирующих их, – реальные условия зарождения и подготовки очага землетрясения в зоне максимальных касательных напряжений.

Новосибирск. Сейсмический риск для полуторамиллионного города, если случится сильный сейсмический толчок, сегодня трудно себе представить. Но вероятность такого события полностью не исключается. В районе Новосибирска в 1882 г. произошло землетрясение (Бердское) магнитудой $5^{1}/_{4}$ < M<6 $^{1}/_{2}$. Оно было вызвано внешней силой давления Западно-Сибирской плиты (ЗСП) на Салаирскую и Кузбасскую микроплиты АССО (см. рис. 7). Давление плиты было сильное, о чём свидетельствует глубокий изгиб геологических образований Томь-Колывани и вдвиг их в Кузбасс (стрела прогиба порядка 30 км.). Другой изгиб геологических толщ образовался в зоне столкновения плиты с северо-западной час-

тью Салаирского кряжа, где под давлением плиты выгнулись и сместились на юго-восток салаирские толщи. Граница между ЗСП, Кузбассом и Салаиром после столкновения стала в виде волны, гребень которой пришёлся на северо-западный угол Салаира. Вероятно, эта часть Салаира явилась блок-упором, двигающимся на юго-восток плиты. Поскольку в этом месте столкновения деформация геологической среды была максимальной, условия возникновения и подготовки землетрясения имели и имеют место в настоящее время.

Готовится ли повторное землетрясение в районе урбанизированного Новосибирска? Исходя из общей «силовой» и динамической обстановки, должно готовиться. По-видимому, только мониторинг и оценка современного напряжённого состояния заселённого массива горных пород, уровня его современной энергонасыщенности (по сравнению с уровнем эноргонасыщенности массива, расположенного вдали от города) упругой энергией позволит ответить на поставленный вопрос. В отсутствие статистики (известно одно лишь землетрясение (Бердское) в 1882 г.), известную роль могли бы сыграть палеосейсмогеологические данные района Новосибирска и прилегающих территорий. Проводились ли такие работы - автору не известно. Во всяком случае, по нашему мнению, факторы, определяющие возникновение и последующую подготовку землетрясения в районе Новосибирска имеются. Это внешняя сила движения Западно-Сибирской плиты и выполняемая ею деформация геологической среды с неизбежным накоплением в ней упругой энергии. Проблема сейсмической опасности Новосибирска сегодня заслуживает специального рассмотрения.

Томск. Город расположен за пределами Алтае-Саянской складчатой области в юговосточной части Западно-Сибирской плиты. Нам представилось интересным дать оценку сейсмической опасности Томска, используя наш подход. Наш подход к определению потенциальной сейсмической опасности любой территории, любого города — оценка масштаба деформации геологической среды в результате приложения к ней активных внешних сил. Ранее мы увидели, какая была степень деформации горных пород территорий сильных землетрясений: Чуйского 2003 г., Тывы 2011 и 2012 гг., Непальского 2015 г., Кузнецких 1898 и 1903 гг. Зная силу (магнитуду) этих землетрясений и степень деформаций горных пород, можно в известном приближении обоснованно определить уровень опасности интересующей территории.

Теперь, в связи с изложенным, конкретно о сейсмической опасности Томска и прилегающих территорий. Обратимся к рис. 15. Видно, что на параллели Томска при встречном движении Западно-Сибирская плита (Буготакско-Митрофановская зона) и Мартайгинский устойчивый массив (Мар) (северо-западная часть Алтае-Саянской складчатой области) пришли в соприкосновение (столкнулись). В зоне столкновения активные внешние силы горизонтального давления ЗСП и Мар создали обстановку деформации горных пород. При любой деформации (формоизменении) массива горных пород возникает (по законам механики взаимодействующих тел) упругая энергия, которая накапливается в деформация, тем больше (очаге и очаговой области будущего землетрясения). Чем больше деформация, тем больше генерируется упругой энергии, тем больше её накапливается в очаге. Таким образом, магнитуда землетрясения есть функция деформации. Что касается магнитуды возможных землетрясений территории, расположенной вблизи Томска, то она не будет большой, так как деформация массива горных пород здесь умеренная, предопределённая касательным столкновением ЗСП и Мар. По степени деформации горных пород в зоне столкновения можно ожидать магнитуду землетрясений равной 3-5 и сотрясаемость максимум 5-6 баллов.

Заключение.

Важнейшая народно-хозяйственная задача прогноза сильных разрушительных землетрясений, несмотря на колоссальные многолетние усилия научного сообщества, не решена. Поэтому смена парадигмы прогноза землетрясений более чем очевидна. Существующая парадигма не нацелена на поиск прямых предвестников засечки времени землетрясения. Не имея таковых, проблема прогноза остаётся и останется нерешённой. А есть ли такой предвестник вообще? Безусловно, есть. Он кроется в механизме и процессе подготовки земле-

трясения. Подготовка (время сейсмического цикла) землетрясения сопровождается неуклонным ростом поля напряжений от фонового уровня до уровня сброса накопленной упругой энергии деформируемого многие годы массива горных пород. Следовательно, мониторинг поля напряжений готовящегося землетрясения (массива накапливающего энергию) даёт нам в руки прямой предвестник прогноза времени землетрясения. Этот предвестник связан генетически с динамикой накопления упругой энергии в очаговой области землетрясения, поэтому является прямым индикатором времени землетрясения. Очаг землетрясения и разрывы поверхности не имеют прогностической силы, поскольку они не являются причиной землетрясения, являются следствием деформации массива горных пород. Не будет деформации - не будет ни очага, ни разрыва. Поэтому в этом (прогностическом) смысле очаг и разрывы продолжать исследовать бесперспективно.

Новая парадигма прогноза — парадигма прямой засечки времени землетрясения в до крайности напряженной геологической среде.

Причина возникновения землетрясений всегда местная - динамическое взаимодействие двух (иногда трёх) геологических тел, генерирующих упругую энергию. Одно тело - носитель активной внешней силы, другое — всегда принудительно деформируемое тело, накопитель упругой энергии.

Прогноз места землетрясения. Сильные землетрясения не возникают на пустом месте. Это всегда места сильнейшей, максимальной деформации геологической среды. Геологические структуры, попавшие в условия направленного давления (горизонтального сжатия), кардинально видоизменяются: выгибаются, шарьируются, дробятся и др. Это позволяет по структурному рисунку геологических комплексов легко определять места, на которых будут происходить повторные или готовящиеся землетрясения.

Прогноз силы землетрясения. Главный фактор накопления большого количества упругой энергии в деформируемом массиве горных пород - это его размеры. Понятно, что чем больше будет горных пород вовлечены в деформацию, тем больше в них накопится упругой энергии. Тем больше будет сила землетрясения. На любой геологической карте можно оценить масштаб (размеры) деформируемого массива горных пород и, следовательно, спрогнозировать силу (магнитуду) землетрясения.

Территорию Курайской и Чуйской впадин, разгруженную от накопленной энергии землетрясением, надо сделать полигоном выполнения мониторинга поля напряжений вновь подготавливаемого землетрясения, чтобы впервые получить полную картину динамики процесса накопления упругой энергии в деформируемом массиве.

За прошедшие со времени Чуйского землетрясения 2003 года 12 лет накоплен большой массив новых данных, требующих дальнейшей интерпретации и осмысления. Нужна подготовка и проведение научной конференции в Горно-Алтайске с акцентом обсуждения проблемы прогноза землетрясений: современное состояние и поиск новых путей решения. Было бы крайне полезно, остро необходимо поговорить о новой парадигме прогноза. Проблема прогноза времени землетрясений вопиёт.

Автор понимает, что в статье многим аспектам, входящим в понятие землетрясение, дано личностное осмысление и толкование, не совпадающее с общепринятым. Однако иного пути сегодня нет, как переосмысливать многие понятия, роль и значение тех или иных факторов и процессов, расставив по своим местам, где причина, а где следствия. Новая парадигма не может состояться без критического и кардинального пересмотра и переинтерпретации постулатов и объективной оценки достижений современной парадигмы. Не исключено, что какие-то авторские умозаключения недостаточно убедительны или даже для когото не приемлемы. В ряде случаев просто не хватало места для более подробного рассмотрения проблем. Оценка степени сейсмической опасности городов сделана лишь бегло. Надеемся, что, если возникнет деловая дискуссия по узловым элементам подготовки и реализации землетрясения (очаг, разрывы, косвенные и прямые предвестники, условия и режим деформации горных пород, время и режим накопления упругой энергии, охота за прямым

предвестником и др.), при мозговой атаке на застаревшую проблему прогноза землетрясений будет реальное продвижение вперед. Думается, уже в рамках новой парадигмы, по поводу которой профессор Евгений Рогожин в интервью Forbes на вопрос «почему до сих пор не осуществлен прогноз землетрясений?» сказал: «Причина в том, что в мире пока не существует хорошей теории прогноза землетрясений. Не хватает мозгового штурма на этом фронте». Надеемся, что в рамках «Чуйского проекта», если включится в мозговой штурм, появятся контуры «хорошей теории».

Литература

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. Новосибирск, 2000, с.150-155.

Ашурков В.А. Кузнецкие землетрясения и их связь с геологическим строением // Природные ресурсы Горного Алтая, 2006, № 1, с. 65-74.

Благовидова Т.А., Жалковский Н.Д., Мучная В.И. и др. Сейсмичность Алтае-Саянской области по инструментальным данным // Геология и геофизика, 1986, № 1, с. 140-147.

Geological Map Mongolia. Scale 1:1 000 000, Ulaanbaatar, 1998.

Геодаков А.Р., Овсюченко А.Н., Платонова С.Г. и др. Материалы предварительного изучения сильного землетрясения на Горном Алтае // Вестник отделения наук о Земле. РАН, 2003, № 1(21).

Говердовский В.А. Уникально ли Алтайское землетрясение 2003 года? // Природные ресурсы Горного Алтая, 2004, № 2, с. 14-15.

Гутенберг Б., Рихтер К. Сейсмичность Земли. М., 1948. 160 с.

Гзовский М.В. Основы геотектоники. М., Наука, 1975. 536 с.

Дергунов А.Б. Структуры сжатия и растяжения на востоке Алтая в четвертичное время // Геотектоника, 1972, № 3, с. 99-110.

Еманов А.А., Лескова Е.В. Структурные особенности афтершокового процесса Чуйского землетрясения 2003 г. // Геология и геофизика, 2005, т. 46, № 10, с. 1065-1072.

Жалковский Н.Д., Цибульчик Г.М., Цибульчик И.М. Каменское землетрясение 15 февраля 1965 года // Геология и геофизика, 1965, № 12, с. 116-125.

Жингель И.П. Линейная и пересекающаяся складчатости Кузнецкого бассейна в динамическом аспекте // Геология и геофизика, 1982, № 6, с. 61-69.

Зоненшайн Л.П., Савостин Л.А. Введение в геодинамику. М., Недра, 1979. 311 с.

Кондратьев О.К. Прогноз землетрясений: причины неудач и пути решения проблемы // Геология и геофизика, 2005, № 1, с. 3-14.

Кондратьев О.К. Новая парадигма прогноза землетрясений // Наука в России, 2000, № 4, с. 45-51.

Ласточкин А.В., Соловьёв В.М. Сейсмотомаграфическая модель очаговой зоны Чуйского землетрясения (Горный Алтай) // Геология и геофизика, 2005, т. 46, № 10, с. 1073-1082.

Леви К.Г., Мирошниченко А.И., Саньков В.А. и др. Активные разломы, напряжённое состояние земной коры и сейсмический потенциал территории Монголии // Тр. VI Российско-Монгольской конференции по астрономии и геофизики. Иркутск, 2006, с. 71-79.

Лукьянов А.В. Горизонтальные движения по разломам при современных катастрофических землетрясениях. Активизированные зоны земной коры, новейшие тектонические движения и сейсмичность. М., Наука, 1964. 256 с.

Михайлов В.О., Назарян А.Н., Смирнов В.Б. и др. Совместная интерпретация данных дифференциальной спутниковой интерферометрии и GPS на примере Алтайского (Чуйского) землетрясения 27.09.2003 г. // Физика Земли, 2010, № 2, с. 3-16.

Mухин A.C., Kузнецов B.A. Четвертичные надвиги в юго-восточном Алтае // Вестник Зап.- Сиб. упр., 1939, вып.1, с. 49-62.

Николаев Н.И. Новейшая тектоника и геодинамика литосферы. М., Недра, 1988. 491 с.

Пиенников К.В. Проблема афтершоков/ / Геология и геофизика, 1964, № 1, с. 135-140. Рейснер Г.И. Геологические методы оценки сейсмической опасности. М., 1980. 173 с. Родионов В.Н., Сизов И.А., Цветков В. М. Основы геомеханики. М., 1986. 301 с.

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

Сейсмичность Алтае-Саянской области. Сб. научных трудов. Новосибирск, 1975. 162 с. Семенцов Б.Г. Предварительное сейсмическое районирование г. Горно-Алтайска // Природные ресурсы Горного Алтая, 2005, № 1, с. 81-83.

Семенцов Б.Г. Алтайское землетрясение сентября-октября 2003 года // Природные ресурсы Горного Алтая, 2005, № 2, с. 32-47.

Солоненко В.П. Сейсмогеология и проблема предсказания землетрясений // Геология и геофизика, 2005, № 1, с. 3-14.

Солоненко В.П., Тресков А.А., Флоренсов Н.А. Катастрофическое Гоби-Алтайское землетрясение 4 декабря 1957 г. Госгеолтехиздат, М., 1960. 48 с.

Сурков В.С., Жеро О.Г., Уманцев Д.Ф. и др. Тектоника и глубинное строение Алтае-Саянской складчатой области. М., Недра, 1973. 144 с.

Страхов В.Н. К новой парадигме сейсмологии // Природа, 1989, № 12, с. 4-9.

Тектоническая карта Сибири. Масштаб 1:2 500 000. Редакторы Сурков В.С., Коробейников В.П. СНИИГГИМС, 1997.

Xилько С.Д., Kурушин P.A., Kочетков B.M. u dp. Землетрясения и основы сейсмического районирования Монголии. M., Hаука, 1985. 225 с.

Чебров И.Н., Крупчатников В.И. Минерально-сырьевые ресурсы Республики Алтай: состояние и проблемы освоения // Природные ресурсы Горного Алтая, 2005, № 1, с. 18-32.

Шебалин Н.В. Землетрясение: очаг, опасность, катастрофа // В сб. 27 Международный геологический конгресс. Доклады. 1984. Т. 6. С. 3-9.