

1. Вахрамеев В.А. Юрская и раннемеловая флора Евразии и палеофлористические провинции этого времени // Тр. Геол. Ин-та АН СССР. 1964. В. 102. 263 с.
2. Зозырев Ю.Н., Салтыков В.Ф. Мезокайнозойская тектоника Жирновского авлакогена // Геология Русской плиты и сопредельных территорий на рубеже веков. Мат. всеросс. науч. конф. Саратов: Изд-во «Колледж». 2000. С. 8.
3. Киселева О.И. О возрасте гнилушкинской свиты Доло-Медведицких дислокаций // Вопросы стратиграфии палеозоя, мезозоя и кайнозоя. Сб. № 7. Саратов: Изд-во СГУ, 1993. С. 97—100.
4. Киселева О.И., Салтыков В.Ф. Палинологическая характеристика среднеюрских отложений бассейна среднего течения р. Медведица. Деп. 30.10.90 г., № 5565 — В90. Саратов: Изд-во СГУ, 1990. 14 с.
5. Левина В.И., Прохорова Н.П. Местные стратиграфические подразделения нижней и средней юры Прикаспийского региона // Недр Поволжья и Прикаспия. 2002. В. 29. С. 6—13.
6. Лунгерсгаузен Г.Ф. Материалы по стратиграфии мезозойских и палеогеновых отложений северной ветви Доло-Медведицких дислокаций // Тр. Всесоюзного аэрогеол. треста. 1956. В. 2. С. 190—255.
7. Мазарович А.Н. Среднеюрские отложения реки Иловли // Вестник Московской горной академии. 1923. Т. 2. № 1. С. 29—60.
8. Мазарович А.Н. Основные черты строения северного конца Доло-Медведицкого вала // Бюлл. МОИП. 1926. Т. 4. № 1—2. С. 46—73.
9. Объяснительная записка к унифицированной стратиграфической схеме юрских отложений Русской платформы. СПб.: ВНИГРИ, 1993. 72 с.
10. Рыков С.П. К вопросу о возрасте «гнилушкинских слоев» // Уч. записки СГУ. 1953. Т. 37. Геол. С. 111—119.
11. Сафонова Н.Г., Сафонов Н.Т. Палеогеография Русской платформы в юрское и раннемеловое время // Тр. ВНИГРИ. 1967. В. 62. 260 с.
12. Сельцер В.Б., Салтыков В.Ф. История изучения гнилушкинских и караулинских слоев средней юры Поволжья // Недр Поволжья и Прикаспия. 2004. В. 37. С. 14—22.
13. Смирнов А.В. Новые данные о возрасте гнилушкинской свиты и ее аналогов // Вопросы геологии Южного Урала и Поволжья. В. 3. Ч. 2. Мезозой. Саратов: Изд-во СГУ, 1966. С. 138—156.
14. Троицкая Е.А. Растительные остатки и условия осадко-накопления песчаной пачки средней юры окрестностей г. Жирновска // Вопросы стратиграфии палеозоя, мезозоя и кайнозоя. Саратов: Изд-во СГУ, 1987. С. 21—29.

Саратовский государственный университет,  
НИИ Геологии СГУ  
Рецензент — А.Г. Олферьев

УДК 551.248.2(-924)

Г.Ф. УФИМЦЕВ

## ПРОБЛЕМА ОБЪЕМНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ ВО ВНУТРЕННЕЙ АЗИИ

Рассмотрены вопросы, касающиеся объемных землетрясений во Внутренней Азии (Цаганское, Гоби-Алтайское, Южно-Якутское).

В большинстве случаев мы связываем сейсмические события с мгновенными смещениями по зонам разломов — Среднекедровая система живых разломов-палеосейсмодислокаций на западном побережье Северного Байкала, «след железного коня» или многосоткилометровые разрывы Хангайского землетрясения 1904 г. [1, 14.] дают нам убедительные примеры в пользу такой точки зрения. И потому такой традиционный подход себя оправдывает. Всегда ли? Если обратить внимание на вызванные (техногенно обусловленные) землетрясения, то здесь мы сразу входим в многообразие причин их проявления. А нет ли такого многообразия в природных сейсмических событиях? Всегда ли тектонические перемещения во время землетрясений осуществляются по разломам и землетрясения, так сказать, двумерны.

Теоретически мы можем ожидать высвобождения накопленной сейсмической энергии благодаря трем видам событий: 1) точечные землетрясения — это «поле» вызванной сейсмичности; 2) плоскостные землетрясения как мгновенные смещения в тектонических разрывах; 3) объемные землетрясения, где сейсмическая энергия высвобождается в объемах и такие землетрясения должны характеризоваться специфической афтершоковой деятельностью на значительных площадях.

На выделение объемных землетрясений, проявление их в региональной сейсмической активности обычно не обращается внимание, и регион Внутренней Азии, в частности, площадь так называемого Монголо-Байкальского сейсмического пояса [12] не является в этом отношении исключением. Между тем некоторые сейсмические события с характерным для них распределением толчков и макросейсмическими эффектами могут рассматриваться как явления или комплексы сопряженных явлений, проявляющиеся в значительных объемах земных недр. Ниже мы попытаемся привести доказательства в пользу этого тезиса на примере трех сильных землетрясений. Эта выборка характеризуется тем, что эти землетрясения, во-первых, проявились в разных неотектонических ситуациях, во-вторых, мы по ним располагаем разным материалом. В одном случае это — фиксирование события и описание макросейсмических эффектов (Цаганское землетрясение 31 декабря 1862 г. (по старому стилю), Байкал; в другом — определение положения сейсмических толчков сетью удаленных станций и детальные сейсмогеологические наблюдения в эпицентральной зоне (Гоби-Алтайское землетрясение декабря 1957 г., юг Монголии); в третьем — детальные наблюдения за афтершоковой деятельностью сетью близких станций (Южно-

Якутское землетрясение 1989 г., северный склон Станового хребта). В неотектонической структуре Евразии, и Внутренней Азии, в частности, эти землетрясения проявились в различных ситуациях соответственно: в Байкальской рифтовой зоне; в пределах северного (Алтайского) крыла Центрально-Азиатского возрожденного орогенического пояса, входящего во внутриконтинентальную коллизийную систему; в пределах большого сводового поднятия Станового хребта [7, 9].

К этому несколько растянутому введению добавим, что автор не намерен заниматься поисками причин землетрясений, описывая их и их неотектоническую позицию.

Цаганское землетрясение охватило сотрясениями обширную часть Восточной Сибири, а в эпицентре его произошло мгновенное опускание, где образовался залив Провал общей площадью 260 км<sup>2</sup>. По макросейсмическим данным и описаниям последствий землетрясения его магнитуда сейчас оценивается в 7,5 [4]. Залив Провал имеет в целом трапециевидную форму и прилегает к северной части дельты р. Селенга, где ее граница имеет прямолинейную форму, указывая на существование поперечного линейного северо-западного простирания, по которому на берегу залива отмечено быстрое изменение высот террасовой поверхности. Юго-восточный берег залива также прямолинейен. Глубины в заливе Провал, возникшем на месте низменной Цаганской степи, сейчас составляют преимущественно 2,5—3,5 м, что и определяет порядок величин мгновенных погружений. Залив открыт в сторону Байкала и в то же время ограничен от открытого озера прямолинейной подводной банкой Сахалин, в подошве юго-восточного (к заливу) ската которой располагается линия выходов донных термальных источников. Это говорит о неслучайном характере банки, представляющей собой линейное остаточное поднятие, на которое «насажены» береговые формы старой границы озера. Таким образом, залив Провал и банка Сахалин образуют пару неотектонических форм, и их аналоги на разных стадиях развития обычны на юго-восточном побережье Байкала. Эти тектонопары: береговой горст—тыловой грабен составляют эволюционный ряд форм, отображающий их последовательное преобразование и вхождение в состав рифтовой долины. Пара банка Сахалин—залив Провал является конечным элементом этого ряда [10].

Для целей нашей работы важно то обстоятельство, что в ходе Цаганского землетрясения одновременно сработали мгновенное опускание тылового грабена и таковое, но относительно замедленное, реликтового берегового горста на площади 260 км<sup>2</sup>. Вертикальные размеры этой тектонопары составляют 10—12 км, с учетом залегания на этой глубине кровли волновода [5] и концентрации над ней гипоцентров землетрясений [3]. Это означает, что в сейсмический процесс был вовлечен объем недр порядка 25000 км<sup>3</sup> или более. При землетрясении тектонопара береговой горст—тыловой грабен как бы сделали следующий шаг в сторону вхождения в состав днища рифтовой долины Байкала. Это, так сказать, довольно обычный пример расширения рифта и переукладки верхнелитосферных

блоков в условиях поперечного горизонтального растяжения литосферы [11].

В пределах рифтовых долин юга Восточной Сибири существуют крупные глыбовые поднятия, типичный пример которых п-ов Святой Нос. Эти поднятия «святоносского» типа также образуют эволюционный ряд форм, конечные элементы которого — сам Святой Нос и подводное поднятие Посольской банки юго-западнее дельты р. Селенга, характеризуются повышенной сейсмичностью. Не является ли это свидетельством как бы «затяжного» объемного сейсмического процесса, вызванного приспособлением (перекладкой тектонических верхнелитосферных блоков) этих неотектонических форм к общей структуре литосферы днища рифтовой долины [8, 11]? Неотектонический анализ днища и восточного борта Байкальского рифта привел к выводу о преобладающем значении этого процесса в их молодой геодинамике, и именно здесь и в отличие от высокого сбросового борта-уступа грабена сосредоточены эпицентры землетрясений эпохи инструментальных наблюдений [14]. Поэтому современную сейсμοдинамику днища и юго-восточного борта Байкальского рифта в какой-то мере следует рассматривать как объемный сейсмический процесс. Он определяется многими факторами, из которых нельзя списывать со счета даже такие внешне экзотические, как влияние абразионно-денудационного среза бывших береговых поднятий в процессе их вовлечения в общее погружение и вхождение в состав днища рифта.

Гоби-Алтайское землетрясение 4 декабря 1957 г. с магнитудой 8,1 представляет собой одну из сейсмических катастроф XX в., происшедшую на юге Монголии в пустынной области Гобийского Алтая. Благодаря детальным сейсмогеологическим наблюдениям, проведенным, что называется, по свежим следам, мы многое знаем об этом землетрясении, его следствиях [2], но не обладаем подробной информацией об афтершоковой деятельности ввиду удаленности сейсмических станций.

Гоби-Алтайское землетрясение по макросейсмическим, вернее тектоническим, эффектам представляет собой масштабное событие — система горных хребтов Ихэ-Богдо и Бага-Богдо протяженностью свыше 250 км при ширине до 30 км мгновенно поднялась по краевым разломам этого неотектонического поднятия и целиком сместилась по горизонтали на несколько метров по простиранию. Одновременно во внутренней части хребта-свода произошло опускание сейсмогравитационных клиньев, компенсирующих растяжение верхней его кромки в процессе воздымания: такое сочетание сводового изгиба с воздыманием по краевым козырьковым взбросам и надвигам и опусканием клиновидных блоков в замковой части свода Н.А. Флоренсовым [13] описано под названием «глыбово-сводового» или «гобийского» механизма новейшего внутриконтинентального орогенеза. Этот механизм «работает» в пределах коровой брекчии системы внутриконтинентальной коллизии, где вследствие сильнейшего меридионального горизонтального сжатия раскололись верхние части литосферы на ромбические или линзовидные блоки, в которых заложены либо впадины, либо хребты-своды, испытывающие продольное

(по простиранию) течение. Наглядным примером этого являются тектонические эффекты Гоби-Алтайского землетрясения декабря 1957 г.

В данном сейсмическом событии участвовал весь хребет-свод Ихэ-Богдо и объемный характер землетрясения вряд ли может вызывать сомнения. К горизонтальным размерам этого разом поднявшегося и сместившегося по простиранию тектонического блока следует добавить его вертикальные разломы в 18—20 км — обычные глубины залегания нижних кромок аномалиеобразующих объектов по расчетам локальных гравитационных аномалий в сопредельных регионах, например, в Центральном Забайкалье. По сути дела, это соответствует положению раздела Конрада, исходя из того, что тектонически он представляет собой зону субгоризонтального срыва, подобно зоне внутрикорового волновода в Байкальской рифтовой зоне [5]. В любых соответствующих расчетах мы получим гигантские объемы литосферного вещества, участвовавшего в мгновенно протекающем геологическом событии.

Таким образом, объемное Гоби-Алтайское землетрясение 1957 г. произошло в совершенно иной неотектонической обстановке, нежели Цаганское 1862 г. землетрясение на Байкале, и масштаб его на порядки превышает последнее. Об этом объемном землетрясении мы имеем иной набор исходной информации.

Под последнее обстоятельство подпадает и третий наш пример — Южно-Якутское землетрясение 1989 г. с магнитудой 6,6 [6]. Оно геологически привязано к юрской предгорной Чульманской впадине. Об афтершоковом процессе этого землетрясения мы располагаем богатой сейсмологической информацией благодаря оперативно развернутой в плейстоценовой зоне сети временных сейсмических станций [12]. Главная характерная особенность афтершоковой деятельности — не выстраивание эпицентров в линейные системы, что могло бы указывать на продолжающийся рост разломных зон по простиранию; напротив, эпицентры афтершоков занимали значительную площадь и при этом происходила явная миграция их по глубине проявления в интервале глубин 1—48 км. Сейсмический процесс в своей совокупности охватил некоторый и значительный объем в верхней части литосферы.

Неотектоническая и геологическая позиции эпицентральной зоны Южно-Якутского землетрясения весьма специфичны. С одной стороны, оно проявилось в пределах юрской предгорной впадины, заполненной континентальными терригенными отложениями. С другой, эта впадина втянута в воздымания в той мере, в какой на ее территории развит горный и плоскогорный рельеф. Впадина сейчас составляет большую часть северного крыла Станового большого сводового поднятия, налицо, таким образом, ее тектоническая инверсия [7], в результате которой общий наклон на север тектонического рельефа в пределах Чульманской впадины обратен таковому погружения поверхности фундамента на юг — тектоническая инверсия здесь характеризуется полной структурной перестройкой. Именно это, на наш взгляд, определило объемный характер Южно-Якутского землетрясения, сейсмологическая информация о которой может рассматриваться как свидетельство продолжаю-

щейся структурной перестройки верхней части литосферы в процессе инверсионного воздымания и вхождения в состав кайнозойского большого сводового поднятия Станового хребта. В первую очередь это может сопровождаться переукладкой малых тектонических блоков в связи с их приспособлением к неотектонической ситуации. И само Южно-Якутское землетрясение, и в особенности афтершоковая деятельность в его эпицентральной зоне как бы обозначают процесс современного «тектонического шевеления» на инверсионно поднятой части северного крыла Станового свода.

Мы рассмотрели три крупных сейсмических события во Внутренней Азии, которые произошли в различных неотектонических обстановках: 1) рифтогенез и растяжение литосферы; 2) тектоническое скучивание и линейное коробление верхней части литосферы в условиях горизонтального сжатия; 3) сводовое воздымание в условиях тектонической инверсии. И во всех этих механизмах новейшего повторного горообразования мы обнаруживаем проявление объемных сейсмических событий, в числе которых особенно нагляден природный феномен Гоби-Алтайского землетрясения 1957 г. Нельзя ли увидеть в этих разных ситуациях некоторые общие черты новейшей геодинамики, которые и определяют проявление объемных землетрясений? Мы видим эту общность в следующем.

Макросейсмические особенности описанных выше землетрясений позволяют высказать гипотезу, что они генерируются и осуществляются в условиях эпиплатформенного (возрожденного) орогенеза как реализации сложных ансамблей блоковых перемещений и сводовых изгибов. При Гоби-Алтайском землетрясении критический радиус кривизны сводового изгиба был снят благодаря, во-первых, выдвиганию окраинных блоковых пластин, в том числе формирующих форберги на предгорных равнинах-пьедесталах, во-вторых, одновременному проседанию клиновидных блоков в замковой части свода-хребта Ихэ-Богдо [1, 13]. Вследствие сводовый изгиб как бы выполаживается и обретает способность к очередному воздыманию и изгибу.

В условиях рифтогенеза в Байкальском регионе утоняется как литосфера в целом, так и ее верхняя пластина, залегающая над внутрикоровым волноводом — рассредоточенным субгоризонтальным срывом [8, 9]. Растяжение верхней литосферной пластины в основном, видимо, реализуется благодаря переукладке клиновидных (верхних) или трапиевидных (нижних) в сечении блоков, и макросейсмические эффекты Цаганского землетрясения наглядно демонстрируют этот процесс в его мгновенном исполнении. И, наконец, заключенная в большом объеме литосферы афтершоковая деятельность Южно-Якутского землетрясения демонстрирует процесс уже в иной геодинамической обстановке — структурного преобразования фундамента крупного предгорного прогиба в условиях его инверсионного воздымания.

Из приведенных примеров главный вывод заключается в том, что накопление сейсмической энергии и высвобождение ее в форме объемных землетрясений в условиях повторного новейшего орогенеза по преимуществу определяется струк-

турными преобразованиями в верхней литосферной пластине, ограниченной снизу разделом Конрада. В кратком виде этот геодинамический процесс можно обозначить как переукладку тектони-

ческих блоков под воздействием различных геотектонических факторов.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (02-05-64022).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Вознесенский А.В. Исследование области Хангайских землетрясений 1905 г. в Северной Монголии // Геогр. о-во СССР, мат. отд. физ. геогр. В.1, Л., 1962. 61 с.
2. Гоби-Алтайское землетрясение / Под ред. Н.А. Флоренсова и В.П. Солоненко. М.: Изд-во АН СССР, 1963.
3. Голенецкий С.И. Проблема изучения сейсмичности Байкальского рифта // Геодинамика внутриконтинентальных горных областей. Новосибирск: Наука, 1990. С. 228—235.
4. Голенецкий С.И. Землетрясения в Иркутске. Иркутск: Имя, 1997. 95 с.
5. Недра Байкала (по сейсмическим данным) / Отв. ред. Н.Н. Пузырев. Новосибирск: Наука. Сиб.отд., 1981. 105 с.
6. Тектоника, геодинамика и металлогения территории Республики Саха (Якутия) / Отв. ред. Л.М. Парфенов, М.И. Кузьмин. М.: МАИК «Наука—Интерпериодика», 2001. 571 с.
7. Уфимцев Г.Ф. Тектонический анализ рельефа (на примере Востока СССР). Новосибирск: Наука, 1984. 183 с.
8. Уфимцев Г.Ф. Парадокс байкальской геодинамики // Природа. 1998. № 8. С. 88—90.
9. Уфимцев Г.Ф. Морфотектоника Евразии. Иркутск: Изд-во Иркутского гос. ун-та, 2002. 494 с.
10. Уфимцев Г.Ф. Загадка залива Провал // Наука в России 2004 № 1. С. 74—79.
11. Уфимцев Г.Ф., Сквитина Т.М. Новейшая структура восточного побережья Среднего Байкала // Геология и геофизика. 2001. № 2. С. 26—29.
12. Флоренсов Н.А. О неотектонике и сейсмичности Монголо-Байкальской горной области // Геология и геофизика. 1960. № 1. С. 74—90.
13. Флоренсов Н.А. К проблеме механизма горообразования во Внутренней Азии // Геотектоника. 1965. № 4. С. 3—14.
14. Флоренсов Н.А., Галкин В.И. Живые сбросы на западном побережье Байкала // Изв. Вост.-Сиб. отд. геогр. о-ва СССР. Т. 65. Иркутск, 1967. С. 73—83.

Институт земной коры СО РАН  
Рецензент — А.К. Корсаков

551.24:551.72(571.55)

Б.Н. АБРАМОВ

## ГЕОДИНАМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ ФОРМИРОВАНИЯ ОСАДОЧНЫХ И ИНТРУЗИВНЫХ КОМПЛЕКСОВ ПОРОД КОДАРО-УДОКАНСКОЙ ЗОНЫ

Геодинамические режимы формирования осадочных и интрузивных комплексов пород Кодаро-Удоканской зоны определялись тектоническими процессами. Так, в отложениях раннепротерозойского удоканского комплекса (PR<sub>1</sub>) выделяются два формационных ритма, образованных в различных геодинамических условиях. Геохимические особенности терригенных отложений нижнего формационного ритма (чинейская серия) отвечают образованию их в обстановке активной континентальной окраины (?), а терригенные отложения верхнего формационного ритма (кеменская серия) — пассивной континентальной окраины. Формирование гранитоидов кодарского ( $\gamma\delta\text{PR}_1\text{kd}$ ), ингамакитского ( $\gamma\delta\text{PR}_2\text{zig}$ ), эйнахского ( $\gamma\pi\text{J}_{1-2}\text{e}$ ) и габброидов чинейского ( $\nu\delta\text{PR}_1\text{c}$ ) комплексов определялись коллизионными процессами. Образование габброидов доросского комплекса ( $\nu\delta\text{PR}_2\text{d}$ ) связано с процессами континентального рассеянного спрединга.

При анализе геодинамических обстановок южного обрамления Сибирской платформы отмечено сходство раннепротерозойского удоканского осадочного бассейна с комплексами пассивных континентальных окраин [4, 5]. Изучение геохимических особенностей и литологического состава пород показало, что такое сходство достоверно подтверждается только для верхних частей разреза удоканского комплекса (кеменская серия).

В Кодаро-Удоканской структурной зоне кроме широко распространенных терригенно-карбонатных отложений удоканского комплекса развиты интрузивные образования протерозойского, палеозойского и реже мезозойского возрастов. Состав отложений удоканского комплекса неоднороден, в его объеме выделяются породы различных формационных типов, отражающие различные их текто-

нические обстановки формирования. Породы удоканского комплекса подразделены на три серии и одиннадцать свит [14] (рис. 1). Региональный метаморфизм отложений удоканского комплекса доходит до амфиболитовой фации. При этом метаморфизм отложений верхних частей удоканского комплекса (до нижнечиткандинского уровня) отвечает зеленосланцевой фации, отложения чинейской серии (до нижнечиткандинского уровня) — эпидот-амфиболитовой, отложения нижних частей разреза (кодарская серия) — амфиболитовой.

Отличительные особенности отложений чинейской серии — преобладание тонкозернистых разновидностей пород, наличие горизонтов кварцитов и углеродсодержащих сланцев, убогих горизонтов медистых и железистых песчаников, наличие карбонатных толщ в верхних частях разреза.