

УДК 550.340

ГЕОДИНАМИКА ИНДО-БИРМАНСКОГО ХРЕБТА: СЕЙСМОЛОГИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

© 2009 г. Маничандра Сануджам¹, Арум Кумар¹, Сомесвар Рой¹,
Джнана Р. Каял², С.С. Арефьев³

¹ Отделение наук о Земле, Университет Манипура, Имфал, Индия

² Школа океанографических исследований, Университет Джадавпура, Калькутта, Индия

³ Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, г. Москва, Россия

Обсуждаются тектонические процессы, протекающие в одной из самых сложных геодинамических структур Юго-Восточной Азии – Индо-Бирманском хребте. Исследуются поле напряжений вдоль хребта с использованием 185 решений *СМТ* и структура тектоники по телесеismicким данным (*ISC*) и данным временной локальной сети (Университет штата Манипур). Результаты изучения поля напряжений свидетельствуют о сжатии Индийской плиты в направлении, близком основному простиранию Индо-Бирманского хребта (север–северо-восток – юг–юго-запад). Проанализировано распределение сейсмической энергии землетрясений между различными механизмами очагов. Установлено, что в Бирманской (Мьянмской) плите 55% энергии приходится на долю сдвиговых механизмов, 33% на долю взбросовых и 12% на долю сбросовых; в Индийской плите – 52%, 37% и 11% соответственно. Для сейсмических событий, определенных по телесеismicким и локальным данным, построены разрезы, демонстрирующие наличие погружающейся сейсмогенной структуры, глубина залегания и мощность которой меняются от юга к северу. Граница Индийской и Бирманской (Мьянмской) плит представлена региональными разломами, параллельными направлению структур: к востоку от Индо-Бирманского хребта это разлом Сагаинг, к западу – надвиг Чурачандпур Мао. Установлено, что надвиг Чурачандпур Мао в штате Манипур – часть восточного граничного взброса Индийской плиты.

Ключевые слова: тектоника, напряжение, землетрясение, сейсмогенная структура, граница плит, сдвиг, взброс, надвиг, сброс.

Введение

Геодинамическая эволюция Индо-Бирманского хребта прослеживается с конца мелового периода и представляет собой типичный тектонический режим субдукции между Индией и Евразией, выражающийся наличием флишевых океанических осадков и офиолитов вдоль всей этой зоны [Nandy, 2001]. Кайнозойская эволюция Азиатской плиты в Мьянме (Бирме) находится под сильным воздействием расширения восточной части Индийского океана и движения на север “Великой Индии” [Bannert, Helmcke, 1981]. В миоцене при возникновении Индо-Бирманского хребта сформировались внешняя островная дуга и Бенгальский залив. Субдуцирующая Индийская океаническая плита испытывала тектонические деформации вдоль западного берега Мьянмы (Бирмы). С приближением к континентальной части это привело к возникновению серии взбросов в северной части Индо-Бирманского хребта в штатах Манипур и Нагаланд.

Обобщенная тектоническая карта исследуемого региона, на которой обозначены основные структуры и представлены решения *СМТ*, приведена на рис. 1.

Индо-Бирманский хребет включает в себя холмы Нага, Чин и Аракан-Йома. Структурно и тектонически регион является переходным – на его севере и северо-востоке основные структуры (например, холмы Нага) ориентированы в направлении север–восток–юго-запад, на юге – в направлении север–юг (например, холмы Чин) (см. рис. 1). С региональным структурным и тектоническим направлением Индо-Бирманского хребта (север–северо-восток – юг–юго-запад) согласуются и основные тектонические

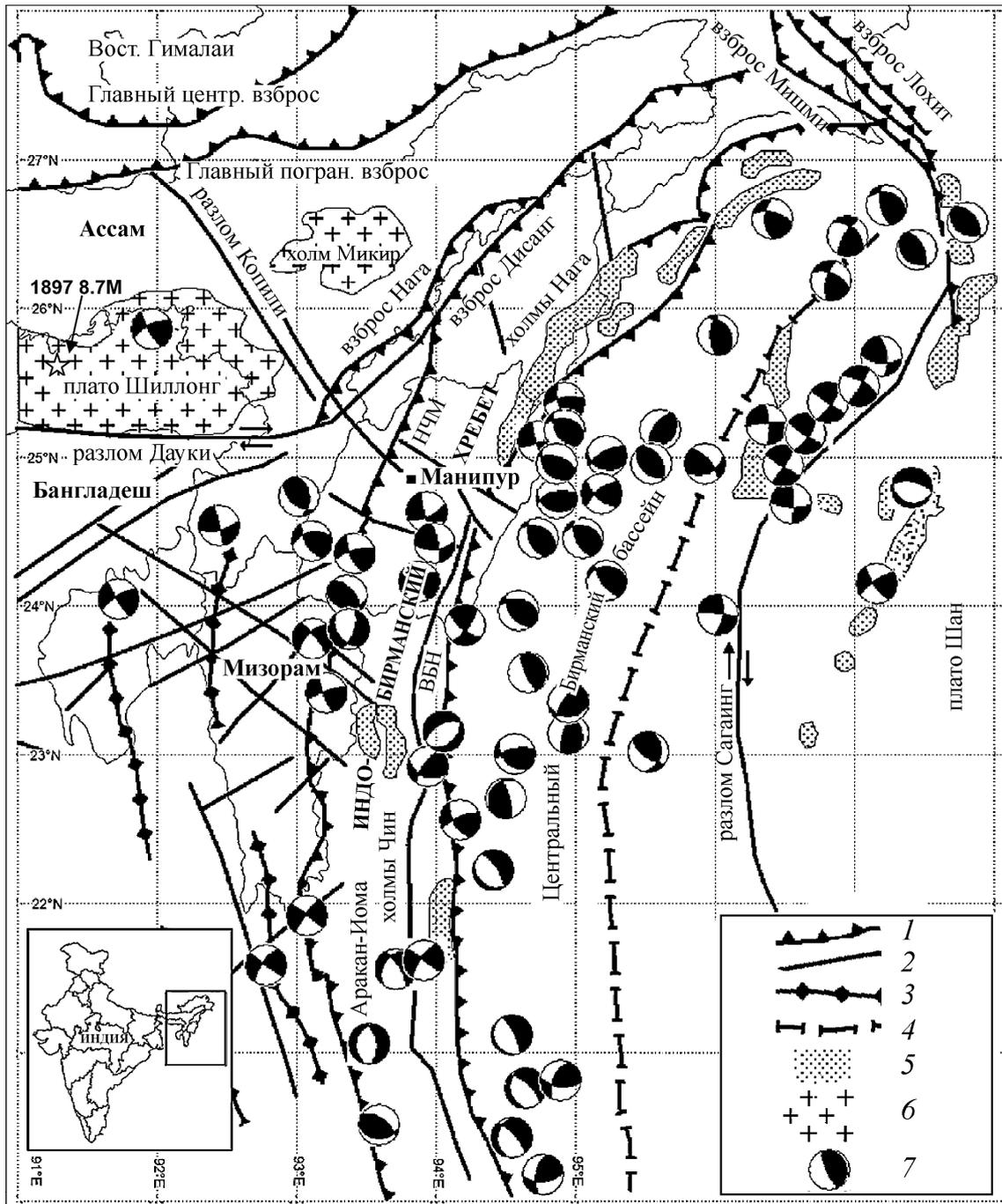


Рис. 1. Обобщенная тектоническая карта исследуемого региона с обозначением основных упоминаемых в тексте структур и решениями СМТ, помещенными в эпицентры. 1 – взбросы, надвиги; 2 – разломы; 3 – оси складок; 4 – вулканический пояс; 5 – офиолитовый меланж; 6 – породы архейского комплекса, 7 – СМТ-решения; НЧМ – надвиг Чурачандпур Мао, ВБН – Восточно-Бирманский надвиг. Звездочка – эпицентр землетрясения 1897 г. с $M=8.7$. На врезке – схема расположения исследуемого региона

проявления, такие как складки и надвиги. Геологические и структурные характеристики региона позволяют сделать вывод о типичном деформационном механизме вследствие взаимодействия плит.

Результаты сейсмотектонических исследований Индо-Бирманского хребта представлены в многочисленных публикациях, например, в [Le Dain, Tapponier, Molnar, 1984; Chen, Molnar, 1990; Kayal, 1996; Rao, Kumar, 1999; Satyabala, 2003; Rao, Kalpna,

2005]. Обзор этих работ выявил разногласия в понимании геодинамической эволюции и современного режима региона. В частности, возникают вопросы:

Продолжается ли в настоящее время субдукция Индийской плиты под Бирманскую (Мьянмскую)?

Действительно ли современная граница между плитами сдвинута в восточном направлении к разлому Сагаинг?

Исследования прошлых лет отмечают сложный характер взаимодействия Индийской и Бирманской (Мьянмской) плит и не дают адекватного объяснения механизма возникновения землетрясений. Это может быть объяснено недостатком данных о механизмах очагов, приводящим к противоречивой интерпретации. Размещение в регионе в последние годы большого числа сейсмических станций, возможность использования современных цифровых сейсмографов и моделирование параметров очагов землетрясений на базе цифровых записей позволяют внести ясность в понимание процессов сейсмогенеза в регионе.

Настоящая работа включает в себя анализ 185 решений *СМТ* и гипоцентров телесейсмически зарегистрированных событий, содержащихся в бюллетенях *ISC*. Решения *СМТ*, основанные на анализе волновых форм, дают надежные определения механизмов очагов. В работу включены также данные о локальных землетрясениях, зарегистрированных широкополосной сетью Университета штата Манипур (Импхал).

Результаты критического анализа, которому был подвергнут большой объем данных, позволили выявить основные характерные черты современной сейсмотектоники Индо-Бирманского хребта.

Анализ данных

Решения *СМТ*

Были проанализированы 185 решений *СМТ* (Гарвардский каталог) землетрясений с магнитудой от 4.5 до 7.0, зарегистрированных с 1976 по 2002 г. в районе Индо-Бирманского хребта и в прилегающем регионе (20°–28°с.ш., 90°–100° в.д.). Пространственное распределение эпицентров и решений *СМТ* показано на обобщенной тектонической карте региона (см. рис. 1). Для классификации механизмов очагов полученных решений использовался средний угол подвижки (*MSA – Mean Slip Angle*). Для землетрясений исследуемого региона было установлено процентное соотношение различных механизмов очагов (сдвиг, взброс, сброс). Как можно видеть (см. таблицу), в регионе преобладают сдвиговые механизмы, затем следуют взбросы и менее всего сбросов.

Процентное соотношение различных механизмов очагов в Индо-Бирманском регионе

Тип механизма	Бирманская (Мьянмская) плита	Индийская плита
сдвиг	54.55	52.53
взброс	33.33	36.84
сброс	12.12	10.63

Для оценки сейсмической энергии, выделившейся при землетрясениях с различными механизмами очагов, вектор подвижки представлялся в виде двух ортогональных компонент – сдвиговой и сбросовой или сдвиговой и взбросовой (в зависимости от знака угла подвижки). Результирующие компоненты нормировались на моментную магнитуду M_w . Соответствующие компоненты двух нодальных плоскостей для каждого события усреднялись для получения сдвиговой, взбросовой или сбросовой компоненты.

Сдвиговые механизмы указывают на то, что Индийская плита поддвигается (субдуцирует), перемещаясь горизонтально вдоль линии субдукции, или затягивается на север по отношению к Бирманской (Мьянмской) плите. В пределах субдуцирующей части

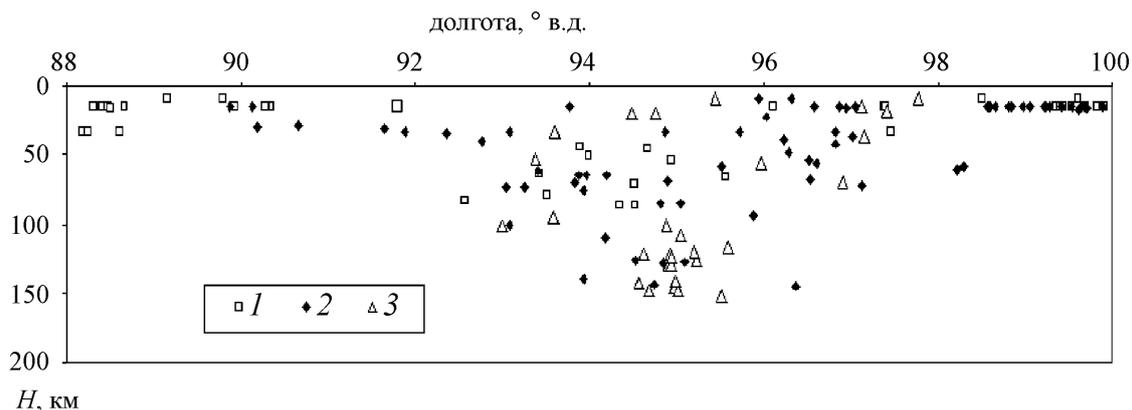


Рис. 2. Распределение по глубине в субширотном разрезе различных механизмов очагов – сбросов (1), сдвигов (2), взбросов (3). Построено по данным 185 землетрясений с определенными *СМТ*

Индийской плиты около половины сейсмической энергии (52%) выделилось при землетрясениях со сдвиговыми механизмами очагов, тогда как взбросовые и сбросовые механизмы составляют в доле выделившейся энергии соответственно 37% и 11% (рис. 2). Обращает на себя внимание пространственное распределение сдвиговых и взбросовых механизмов очагов внутри погружающейся плиты: первые преобладают в ее верхней части, вторые – в нижней (см. рис. 2). На том же рисунке можно видеть, что сбросовые механизмы наиболее часто наблюдаются в верхней части плиты.

Ориентация осей сжатия механизмов очагов для всех землетрясений, произошедших в пределах Индийской плиты, преимущественно совпадает с направлением север-северо-восток, а не с направлением падения плиты (рис. 3). Как показывают результаты,

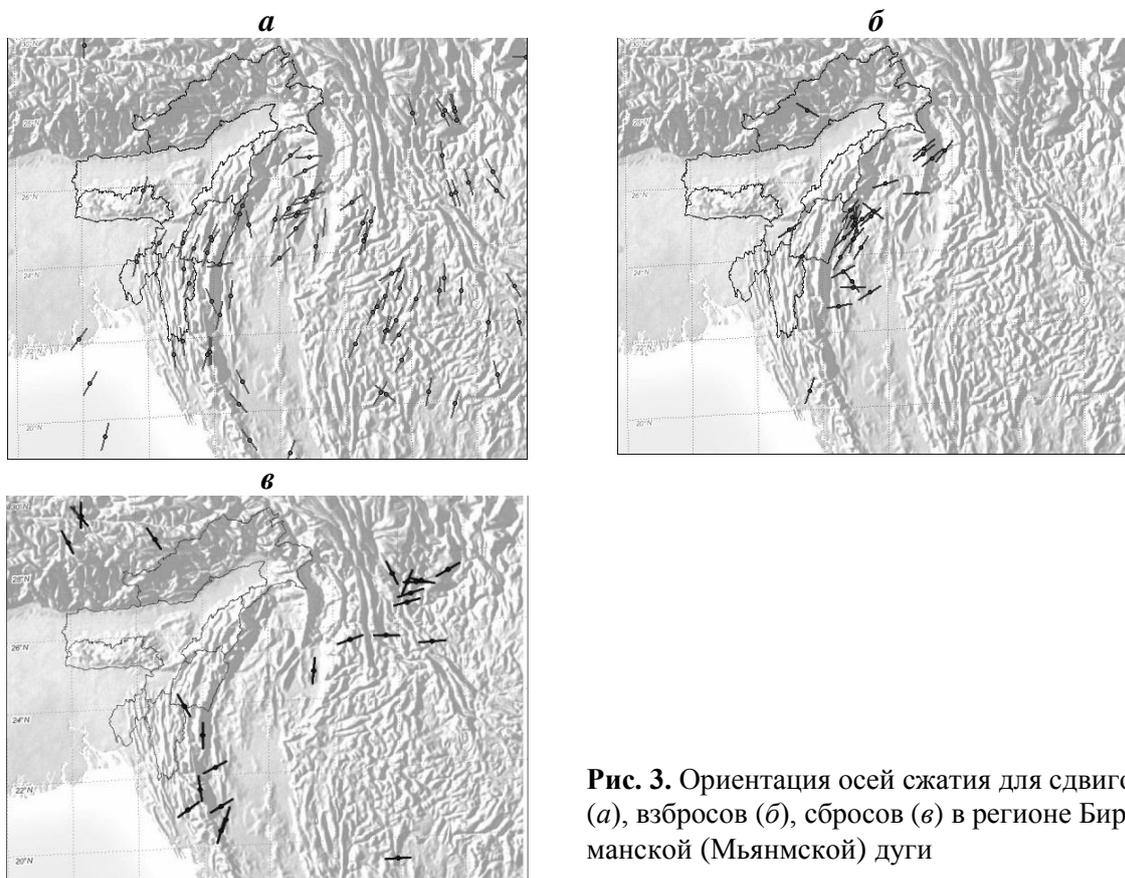


Рис. 3. Ориентация осей сжатия для сдвигов (а), взбросов (б), сбросов (в) в регионе Бирманской (Мьянмской) дуги

оси растяжения сдвиговых механизмов в верхней части плиты ориентированы преимущественно в направлении запад–восток, что указывает на направленное вдоль субдукции растяжение погружающейся плиты. С другой стороны, оси сжатия сдвиговых (рис. 3, *a*) и взбросовых (рис. 3, *б*) механизмов событий в надвигающейся Бирманской (Мьянмской) плите ориентированы в направлении, близком к восточному–северо-восточному.

Данные каталога ISC и временной локальной сети

Сведения о сейсмичности региона представлены на рис. 4, 5, при составлении которых были использованы данные каталога *ISC* (рис. 4) и данные локальной сети из 20 широкополосных станций, проработавших сравнительно короткое время с 2001 по 2007 год (рис. 5). Рисунки наглядно иллюстрируют распределение эпицентров по площади (см. карты на рис. 4, *a*; 5, *a*) и по глубине (см. разрезы на рис. 4, *б*; 5, *б*, *в*) и свидетельствуют о высокой сейсмической активности Индо-Бирманского хребта и прилегающих тектонических зон.

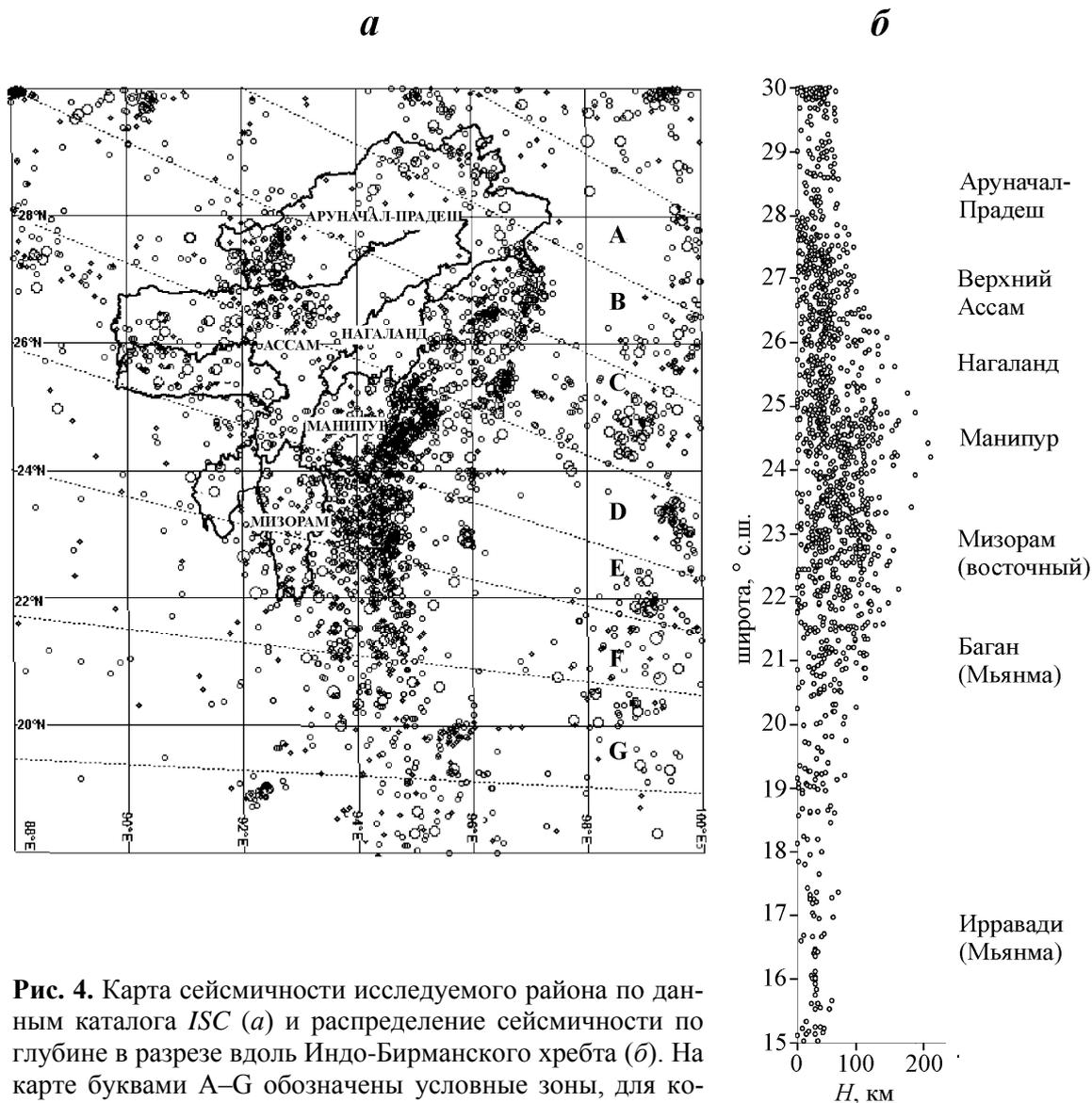


Рис. 4. Карта сейсмичности исследуемого района по данным каталога *ISC* (*a*) и распределение сейсмичности по глубине в разрезе вдоль Индо-Бирманского хребта (*б*). На карте буквами А–Г обозначены условные зоны, для которых построены разрезы, приведенные на рис. 6

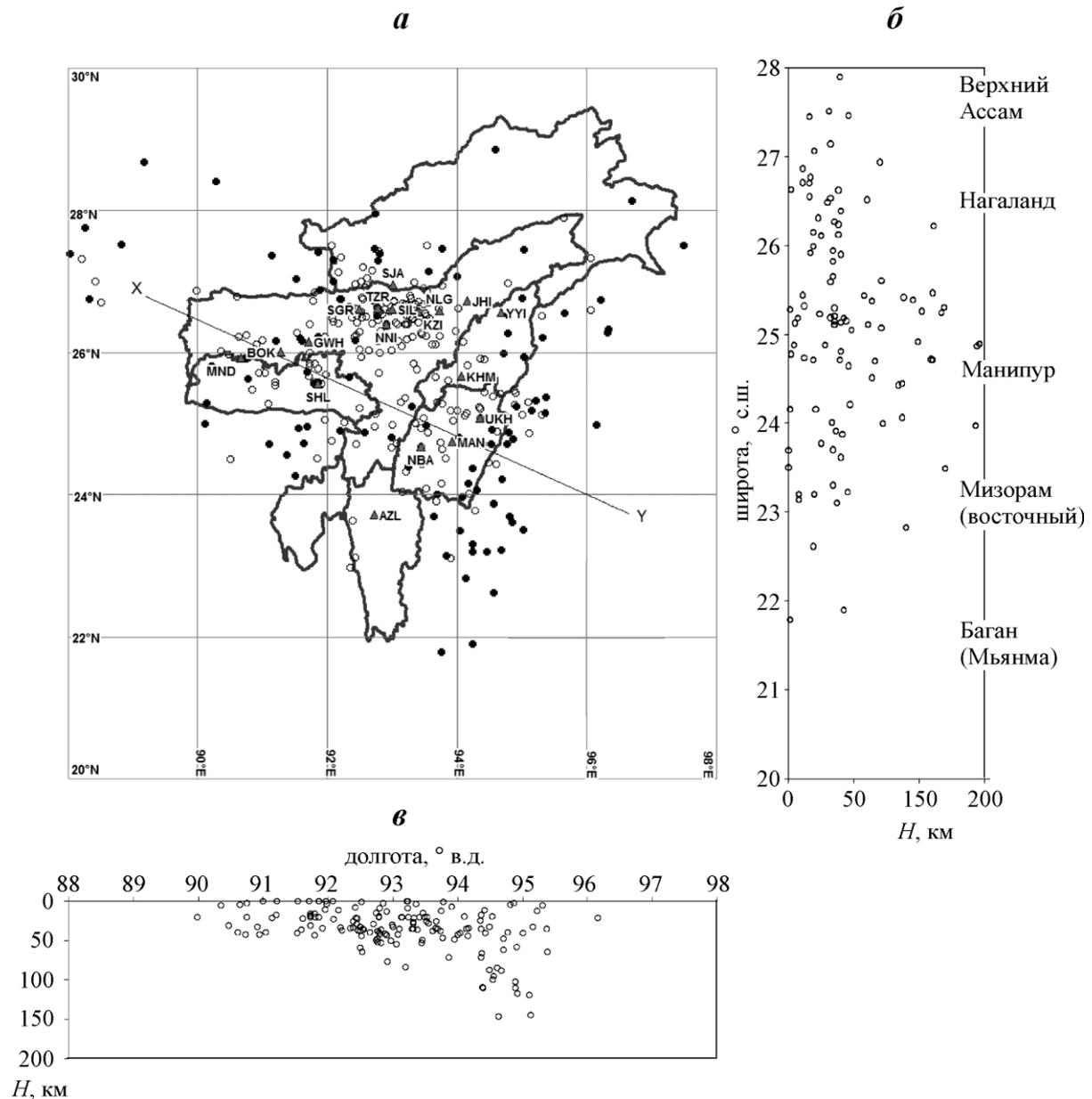


Рис. 5. Карта сейсмичности исследуемого региона по данным временной локальной широкополосной сейсмологической сети (а) и распределение сейсмичности по глубине в разрезах вдоль Индо-Бирманского хребта (б) и по линии ХУ в полосе 2° (в). На карте: треугольники – широкополосные сейсмостанции; кружки без заливки – эпицентры землетрясений с $M < 4$, залитые – $M > 4$

Приблизительно вкрест простирания Индо-Бирманского хребта условно выделены семь полос шириной около 2° (зоны А–Г) (см. рис. 4, а). Для них по данным *ISC* построены разрезы, отображающие распределение телесейсмических событий по глубине (рис. б). Проанализируем представленные разрезы последовательно с севера на юг – от зоны А к зоне Г.

Зона А относится к блоку Мишми; построенный разрез параллелен взбросам Лохит и Мишми. В зоне преобладают неглубокие землетрясения с глубиной очагов, не превышающей 80 км.

Зона В включает в себя Гималайский Аруначал, верхний Ассам и северную часть Индо-Бирманского хребта. Сейсмическая активность в зоне также сосредоточена на относительно небольших глубинах: в основном, глубина очагов не превышает 100 км, за исключением нескольких событий с $H > 100$ км, отмечаемых вблизи 96° в.д.

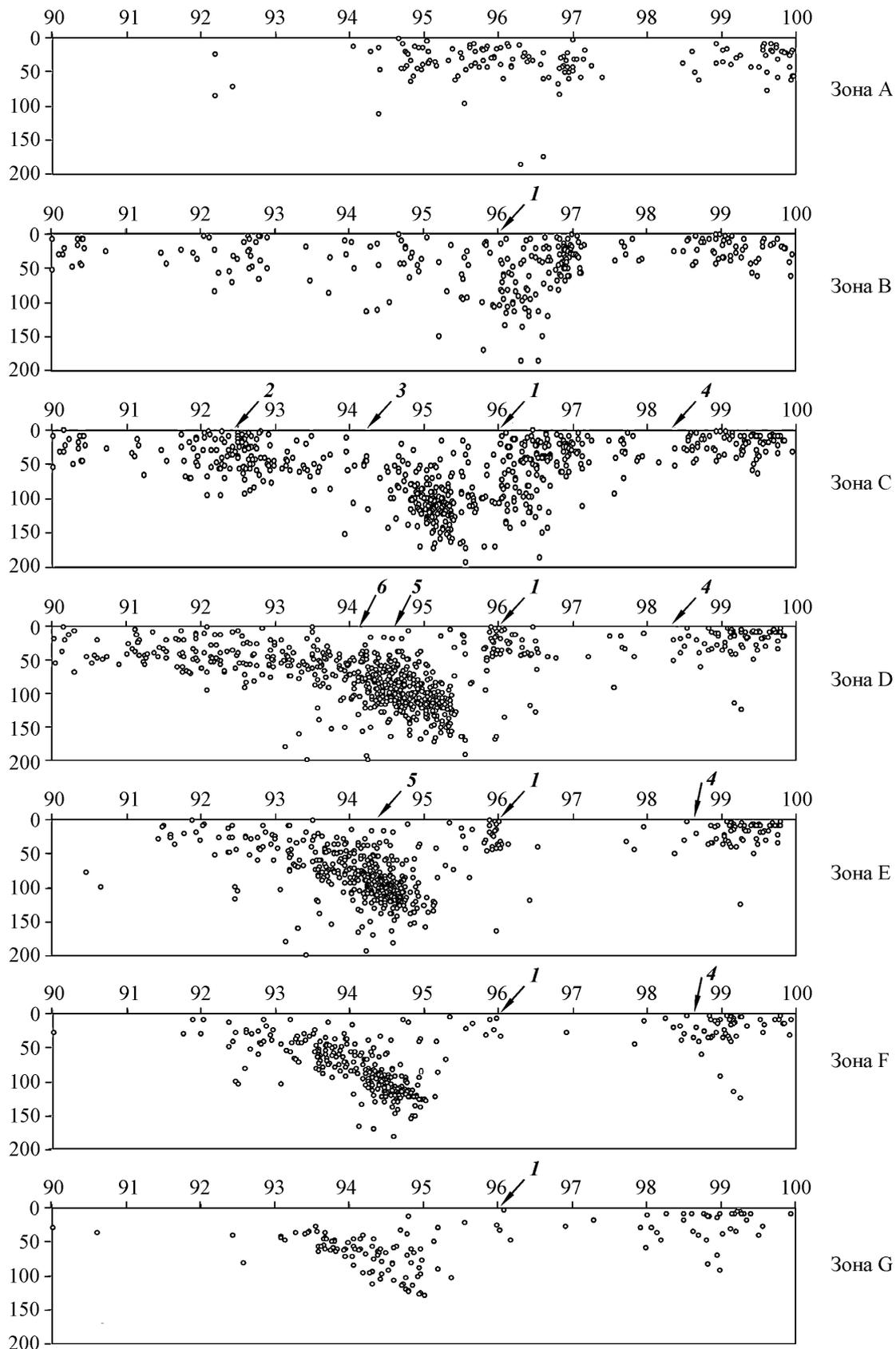


Рис. 6. Распределение телесеismicких событий по глубине в пределах зон А–Г, выделенных на рис. 4, а. На разрезах по вертикали – глубина H , км; по горизонтали – долгота, ° в.д.
 1 – разлом Сагаинг, 2 – разлом Копили, 3 – взброс Нага, 4 – Центральный Бирманский бассейн, 5 – Восточный Бирманский надвиг, 6 – надвиг Чурачандпур Мао

Зона С включает три основные тектонические структуры региона – разлом Копили, взброс Нага и Восточный Бирманский надвиг – и отличается высокой сейсмической активностью. Неглубокая (<100 км) интенсивная сейсмичность отмечается под разломом Копили (92° – 93° в.д.). На глубинах более 100 км высокая активность проявляется между надвигами Нага и Восточным (94° – 95° в.д.), а также под Центральным Бирманским бассейном (96° – 97° в.д.). Активность последнего – это активность надвигающейся Бирманской плиты, которая прослеживается под Восточным надвигом вместе с погружающейся Индийской плитой.

Зона D включает Ассам, Мегхалаю, Манипур и Мьянму. Плато Шиллонг и Ассамская долина характеризуются относительно малой (<50 км) глубиной землетрясений. В зоне же Манипура и Восточного надвига глубина очагов возрастает до 180 км. Явно прослеживается погружающаяся Индийская плита (или сейсмическая зона). Хорошо видна также активность разлома Сагаинг на небольших глубинах (<50 км) в надвигающейся Бирманской плите.

Зона E включает в себя Бангладеш, Трипуру, Мизорам и холмы Чин Индо-Бирманского хребта. Сейсмическая активность под Бангладеш и Трипурой сравнительно невысока, под Мизорамом и холмами Чин хорошо видна активность погружающейся сейсмической зоны. Интересно отметить продолжающуюся сейсмическую активность вдоль разлома Сагаинг в восточной части зоны.

Зона F включает часть Индийского океана, Мизорам и холмы Чин. В зоне также хорошо прослеживаются интенсивная сейсмическая активность и погружение зоны между Мизорамом и холмами Чин.

Зона G характеризуется расширением на юг активности погружающейся зоны. Активность уменьшается и становится менее глубокой (~100 км). Вдоль разлома Сагаинг активность также значительно уменьшается.

Высокую активность исследуемого региона демонстрируют и данные временной локальной сети наблюдений (см. рис. 5). За время наблюдений свыше 1000 событий с $M > 3.0$ были зарегистрированы четырьмя и более станциями. На карте, приведенной на рис. 5, а, показаны около 300 хорошо определенных землетрясений.

Разрез вдоль Индо-Бирманского хребта, построенный по данным локальной сети (см. рис. 5, б), был сопоставлен с аналогичным по данным *ISC* (см. рис. 4, б). На обоих разрезах хорошо видно, что к югу от 22° с.ш. и к северу от 26° с.ш. сейсмическая активность относительно мелкая ($H < 100$ км); более глубокая активность ($H > 100$ км) выявляется между широтами 22° – 26° с.ш., а самые глубокие события ($H \approx 200$ км) наблюдаются на широтах 24° – 25° с.ш. (см. рис. 5, б).

С использованием данных временной локальной сети был проанализирован разрез по линии XY (см. рис. 5, в), расположенной вкрест простирания Индо-Бирманского хребта в зоне D. На нем четко выделяется зона Беньюффа. Отметим, что структура зоны Беньюффа, полученная по данным телесеismicческих сетей (каталог *ISC*), сопоставима со структурой, полученной по данным локальной сети наблюдений.

Результаты и обсуждение

Были проанализированы около 2000 событий (телесеismicческих и зарегистрированных локальной сетью) и 185 надежных *СМТ* решений механизмов очагов. Эти данные позволяют уверенно выявить и детально описать сейсмогенные структуры Индо-Бирманского хребта и прилегающего региона. На картах сейсмичности четко выделяются зоны активности, разрезы по глубине выявляют геометрию активных структур (см. рис. 4–6).

Установлено, что погружающаяся сейсмическая зона под Индо-Бирманским хребтом лежит между 22° и 26° с.ш. (см. рис. 4, б). Погружающаяся зона (или зона субдукции) к северу от 22° с.ш. является очевидной, однако, выше 26° с.ш. тектоника субдук-

ции, возможно, перекрывается тектоникой коллизионного типа [Kayal, 1996]. Сейсмическая активность к северу от 26° с.ш. и в блоке Мишми может быть идентифицирована как активность восточной краевой зоны в области сочленения Гималайской и Бирманской дуг. Именно в этой краевой зоне располагался очаг сильнейшего землетрясения 1950 г. со сдвиговым механизмом очага [Ben-Menahem, Aboudi, Schild, 1974].

Погружающаяся сейсмическая зона, выявленная на разрезах от С до F (см. рис. 6), достаточно устойчива; разрезы D и E демонстрируют более интенсивную сейсмичность в погружающейся зоне, почти однородную до глубины 180 км. На разрезе С к северу наличие погружающейся зоны очевидно, но ее продолжение в верхней части плиты размыто. Эта верхняя часть достигает “Ассамской зоны затишья” (“Assam Gap”) [Khattri, Wyss, 1978], которую называют также “Ассамским асейсмичным коридором” [Kayal, 1996]. На разрезах F и G, характеризующих южную часть региона, прослеживается довольно протяженная погружающаяся зона, активность которой уменьшается в южном направлении (см. разрез G.) Активность Бангладеш-Бенгальского бассейна на разрезах E, F и G гораздо ниже.

Анализ решений СМТ позволил сделать следующие интересные наблюдения. На глубинах более 90 км преобладающими механизмами очагов являются взбросы, а на меньших глубинах – сбросы и сдвиги (см. рис. 2). Можно заключить, что именно на этих глубинах (~90 км) проходит зона контакта Индийской и Бирманской литосферных плит [Rao, Kumar, 1999] – представленные исследования делают это очевидным. Карты напряжений показывают, что тектоника Индо-Бирманского хребта в настоящее время управляется движением Индийской плиты в направлении север–северо-восток, оси сжатия всех решений тяготеют к этому же направлению (см. рис. 3). На основе фотоснимков и механизмов очагов, авторами работы [Le Dain, Tapponier, Molnar, 1984] было сделано предположение о затыгивании (протаскивании) Индийской литосферной плиты в направлении север–северо-восток, приводящем к крупномасштабным сдвигам и формированию сдвиговых механизмов очагов вдоль всей зоны контакта. Это объясняет и сдвиговые механизмы событий, установленные над зоной контакта на глубинах меньше 90 км. Взбросовые механизмы очагов, расположенных на глубинах более 90 км, могут объясняться направленным вверх надвигом астеносферы на субдуктирующую плиту. Направленная на север–северо-восток ось сжатия P почти параллельна региональному тренду (см. рис. 3). Наблюдаемое направление субдукции не согласуется с деформациями поверхности или топографией региона. Решения сбросового типа на меньших глубинах (<90 км) дают преобладающую ось растяжения (T -ось) в направлении восток–запад, что указывает на искривление Индийской плиты под Индо-Бирманским хребтом. Установлено, что субдуктирующая плита погружается под углом приблизительно 45° и имеет толщину около 50 км (см. разрезы D и E на рис. 6).

Сдвиговые и сбросовые механизмы очагов в надвигающейся Бирманской плите могут быть объяснены внутренними напряжениями в ней, а взбросовые – взаимодействием двух плит. Сбросовые и сдвиговые решения событий на меньших глубинах (<50 км) в Индийской плите могут объясняться внутренним напряжением (растяжением) вследствие ее протаскивания.

Таким образом, настоящая работа подтверждает факт активного процесса субдукции Индийской плиты. Наклонные сдвиговые решения механизмов очагов в Индийской плите между 90° – 93° в.д. в Манипуре и центральной части Индо-Бирманского хребта отмечают границу регионального сдвигового разлома Чурачандпур Мао. Этот разлом, возможно, ограничивает зону субдукции на западе. Его геологические проявления позволяют предположить, что это активный разлом, ответственный за микросейсмическую активность [Kumar, Sanouijam, 2007].

Согласно [Chen, Molnar, 1990], ось максимального сжатия, возможно, меняла свою ориентацию в недалеком прошлом или, что более вероятно, деформации Индо-

Бирманского хребта происходят независимо от лежащей ниже Индийской плиты, в то время как направленное на север движение Индийской плиты может происходить вдоль разлома Сагаинг и других разломов, расположенных восточнее. В [Guzman-Speziale, Ni, 1996] высказано предположение, что относительное движение Индийской и Бирманской плит трансформируется от субдукции вдоль дуги до правостороннего латерального движения вдоль разлома Сагаинг на востоке. Сейсмическая активность наблюдается вдоль всего разлома Сагаинг; механизмы очагов демонстрируют существенную правостороннюю сдвиговую компоненту (см. рис. 1). Далее к востоку от разлома сдвиговые механизмы не наблюдаются, что, возможно, указывает на завершение процесса субдукции. Еще дальше на восток – на плато Шан – преобладают взбросовые механизмы очагов. То, что субдукция ограничена с востока разломом Сагаинг, имеет и геологические проявления – поднятие плато Шан достигает 1100 м. На западе субдукционные процессы ограничены надвигом Чурачандпур Мао в Манипуре, что также подтверждается результатами настоящей работы и отражается как в телесеизмических данных, так и в данных локальной сети наблюдений.

Увеличение мощности литосферы Индийской плиты обусловлено ее движением в направлении север–северо-восток – юг–юго-запад при незначительном сжатии в широтном направлении. Растяжение в названном направлении ясно проявляется в сдвиговых и сбросовых механизмах очагов на глубинах до 90 км в погружающейся плите. Погружающаяся сейсмическая зона изгибается под Индо-Бирманским хребтом на 94° – 95° в.д. (см. рис. 4, 6), что и объясняет ее растяжение в широтном направлении. В верхней и наиболее глубокой части плиты преобладают сжатие в направлении от север–северо-западного до запад–северо-западного и, в основном, взбросовые механизмы очагов, ориентированные в том же направлении; только несколько взбросовых механизмов имеют сжатие в направлении север–юг. Деформации на поверхности могут быть объяснены сдвиговыми механизмами событий, происходящих на меньших глубинах (<90 км).

По данным каталога *ISC* и временной локальной сети с использованием пакетов программ *SigmaPlot* и *MapInfo* была построена трехмерная модель, отражающая структуру субдукции вдоль Индо-Бирманского хребта (рис. 7). Можно видеть, что к югу от 20° с.ш. и к северу от 26° с.ш. субдукция отсутствует.

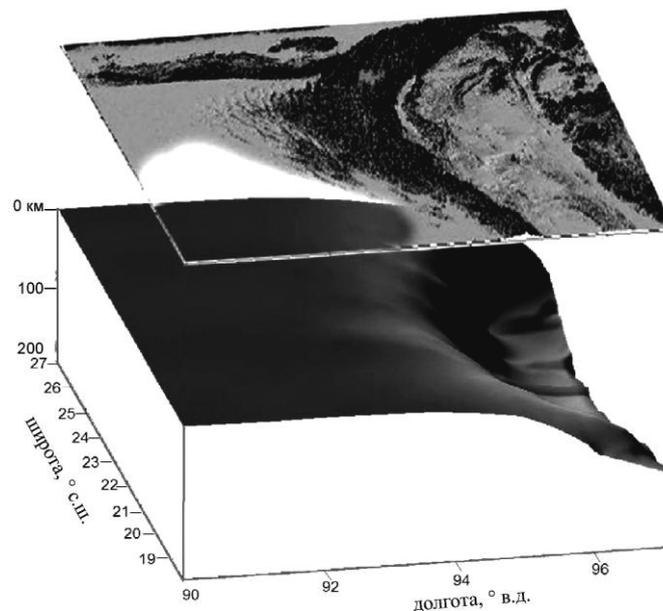


Рис. 7. Трехмерная модель, включающая топографическую карту района исследований и поверхность зоны Беньофа. Сейсмофокальная поверхность (зона Беньофа) построена по данным каталога *ISC* и временной локальной сети

Заключение

Благодаря проведенным исследованиям выявлена детальная структура литосферы погружающейся Индийской плиты, претерпевающая значительное изменение от юга к северу. Интенсивная субдукционная тектоническая активность наблюдается на границе Манипур–Мизорам–Бирма (Мьянмская граница) в центральной части Индо-Бирманского хребта. Субдукционная активность уменьшается в южном направлении; ниже 20° с.ш. она не наблюдается. К северу от 26° с.ш. субдукционная тектоника перекрывается коллизионной; в зоне синтаксиса преобладающими становятся сдвиговые механизмы очагов.

Субдуцирующая Индийская плита изгибается к северу от 95° в.д. и к югу от 94° в.д. Мощность сейсмической зоны составляет от 50 км на севере до 40 км на юге.

Установлено, что зоны субдукции в Мьянме (Бирме) ограничена с запада надвигом Чурачандпур Мао в Манипуре, а с востока – разломом Сагаинг. Решения СМТ показывают, что в верхней (до 90 км) части субдуцирующей плиты преобладают сдвиговые и сбросовые механизмы очагов, а в нижней наблюдаются, в основном, взбросовые механизмы.

Благодарности

Работа, представляющая в значительной своей части диссертацию одного из авторов – Сануджама Маничандры, – выполнена в рамках Программы долгосрочного Индо-Российского сотрудничества (ИЛТР), которая является продолжающимся научным проектом.

Авторы благодарны Министерству науки и технологии Индии и Российской академии наук за поддержку двусторонних визитов индийских и российских участников проекта.

Частично работа поддержана Российским фондом фундаментальных исследований (грант № 08-05-00598).

Литература

- Bannert D., Helmcke D.* The Evolution of Asian Plate in Burma // *Int. J. Earth Sci.* 1981. V. 70. P. 446–458.
- Ben-Menahem A., Aboudi E., Schild R.* The source of the great Assam earthquake-an intraplate wedge motion // *Phys. Earth Planet. Int.* 1974. V. 9. P.265–289.
- Chen W.P., Molnar P.* Source parameters of earthquakes and intraplate Deformation beneath the Shillong plateau and the northern Indo-Burman range // *J. Geophys. Res.* 1990. V. 95. P.12527–12552.
- Guzman-Speziale M., Ni J.F.* Seismicity and active tectonics of the western Sunda Arc. // *The Tectonic Evolution of Asia* / Eds. A.Yin, T.M. Harrison. New York: Cambridge Univ. Press, 1996. P.63–84.
- Kayal J.R.* Earthquake source processes in northeast India: a review // *J. Himalayan Geol.* 1996. V. 17. P.53–69.
- Khatti K., Wyss M.* Precursory Variation of Seismicity Rate in Assam, India // *Geology.* 1978. V. 6. P.685–688.
- Kumar A.K., Sanoujam M.* Landslide studies along the national highways (NH39) in Manipur // *Nat. Hazards.* Springer, 2007. V. 40. P.603–614. DOI 10.1007/s11069-006-9024-y.
- Le Dain A.Y., Tapponier P., Molnar P.* Active faulting and tectonics of Burma and surrounding region // *J. Geophys. Res.* 1984. V. 89. P.453–472.
- Nandy D.R.* Geodynamics of northeast India and the adjoining region. ACB Publ., 2001.

Rao N.P., Kumar M.R. Evidences for cessation of Indian plate subduction in the Burmese arc region // Geophys. Res. Lett. 1999. V. 26. P.3149–3152.

Rao N.P., Kalpna. Deformation of the subducted Indian lithospheric slab in the Burmese arc // Geophys. Res. Lett. 2005. V. 32. P. L053.01.1–L053.01.5.

Satyabala S.P. Oblique plate convergence in the Indo-Burma (Myanmar) subduction region // Pure Appl. Geophys. 2003. V. 160. P.1611–1650.

Сведения об авторах

МАНИЧАНДРА Сануджам – доктор наук, ученый-исследователь (сейсмолог). Отделение наук о Земле, Университет штата Манипур, Импхал, 795003 Индия. Тел.: 91-9862239064. E-mail: Manichandra_s@yahoo.com

КУМАР Арум – доктор наук, Отделение наук о Земле, Университет штата Манипур, Импхал, 795003 Индия. Тел.: 91-9862239064.

РОЙ Сомесвар – доктор наук, Отделение наук о Земле, Университет штата Манипур, Импхал, 795003 Индия. Тел.: 91-9862239064.

КАЯЛ Джнана Р. – доктор наук, профессор, Школа океанографических исследований Университета Джадавпур, Калькутта, Индия. Тел.: 91-9830675424. E-mail: jr_kayal@yahoo.com

АРЕФЬЕВ Сергей Сергеевич – доктор физико-математических наук, заведующий лабораторией, ИФЗ РАН, 123995, ГСП-5, Москва, Д-242, ул. Большая Грузинская, д. 10. Тел.: 254-53-16. E-mail: sserg@ifz.ru

GEODYNAMICS OF THE INDO-BURMA RANGES: SEISMOLOGICAL EVIDENCES

Manichandra Sanoujam¹, Arun Kumar¹, Someshwar Roy¹,
Jnana R. Kayal², Sergei S. Arefiev³

¹ Department of Earth Sciences Manipur University Imphal, India,

² School of Oceanographic Studies, Jadavpur University, Kolkata, India

³ Schmidt Institute of Physics of the Earth, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Abstract. The Indo-Burma Ranges (IBR) in Southeast Asia is geodynamically complex and its tectonic process is debated (Burma is presently named Myanmar). In the present study, the stress pattern is examined along the IBR belt using 185 CMT solutions, and the tectonic structure is examined using the teleseismic (ISC) and local earthquake (Manipur University network) data. The stress pattern indicates that the Indian plate compresses in NNE-ENE direction, which is comparable with the surface topographic trend of the IBR. The seismic energy is divided into the strike-slip (55%), thrust (33%) and normal components (12%) in the Burmese plate, and in the Indian plate these are divided into 52%, 37% and 11% respectively. The depth sections of teleseismic and local events delineate a dipping seismogenic structure that varies in depth and thickness from south to north. The plate boundary is represented by regional faults that are parallel to the structural trend; the Churachandpur Mao Thrust to the west and the Sagaing Fault to the east of the IBR. The Churachandpur Mao Thrust in Manipur is identified as part of the Eastern Boundary Thrust of the Indian plate.

Keywords: tectonic, stress, earthquake, seismogenic structure, plate boundary, strike slip, thrust, normal fault.