

ГЕОЛОГИЯ

УДК 528.481:551.24(571.53/55+517)

СОВРЕМЕННЫЕ ДВИЖЕНИЯ ЗЕМНОЙ КОРЫ МОНГОЛО-СИБИРСКОГО РЕГИОНА ПО ДАННЫМ GPS-ГЕОДЕЗИИ

© 2003 г. В. А. Саньков, А. В. Лухнев, А. И. Мирошниченко, К. Г. Леви,
С. В. Ашурков, Ю. Б. Башкуев, М. Г. Дембелов, Э. Кале, Ж. Девершер,
М. Верноль, Б. Бехтур, Ш. Амаржаргал

Представлено академиком Ю.Г. Леоновым 30.04.2003 г.

Поступило 20.05.2003 г.

Территория Монголо-Сибирского региона включает геологические структуры разного возраста и степени активности на неотектоническом этапе – южную окраину Сибирской платформы, Саяно-Байкальскую и Алтайскую ветви Центрально-Азиатского подвижного пояса. Интерес к региону определяется тем, что в течение XX в. в его пределах произошло несколько сильнейших землетрясений. Здесь наблюдается переход от структур сжатия, доминирующего в южной части Евразии, к структурам растяжения Байкальского рифта, локализованным вдоль юго-западного края Сибирской платформы. На основе трехстороннего российско-французско-монгольского сотрудничества создан геодинамический GPS-полигон, в пределах которого на количественной основе исследуются современные тектонические деформации земной коры во внутриконтинентальных условиях. Сеть полигона насчитывает более 50 полевых и 3 постоянных пунктов в городах Иркутск, Улан-Удэ и Улан-Батор.

Обработка данных первичных наблюдений за период с 1994 по 2002 г. осуществлена программным пакетом GAMIT (vers. 10.5 [6]) в Институте земной коры СО РАН. В расчеты были включены данные по ряду глобальных станций IGS

(FAIR, GRAZ, IRKT, SHAO, TSKB, ONSA, TIDB, USUD, KIT3, KSTU, URUM, TAIW, XIAN, HART, KOKB, YAKZ, TIXI, NVSK) для связи с системой отсчета ITRF2000. Для получения позиций станций и их формальных ошибок использовалась программа GLOBK [5]. В результате рассчитаны полные векторы смещений блоков земной коры Монголо-Сибирского региона. Погрешности определения скорости в пределах полигона по горизонтальной компоненте не превышают 1.2 мм/год, а по вертикальной – 3.5 мм/год. На рис. 1 представлена карта векторов горизонтальных смещений, рассчитанных относительно пункта IRKT (г. Иркутск), а рис. 2 показывает схемы значений компонент современных движений, осредненных по площади. Выделяются три главных тренда смещений литосферных масс относительно стабильной Сибирской платформы – север-северо-восточный на западе полигона, северо-восточный и широтный в центральной и юго-восточной – в восточной его части. Массив Монгольского Алтая, ограничивающий Монгольский литосферный блок [1] с запада, вместе с Убсунурской впадиной, смещается в север-северо-восточном направлении, определяя условия транспрессии в пределах Тувинского нагорья и центральной части Алтае-Саянской горной области. При этом в район Долины Больших Озер передается только 50% север-северо-восточного смещения Джунгарского блока, а другая его половина аккомодируется правосторонними взбросо-сдвигами Монгольского Алтая. На территории Тувы векторы развернуты к востоку, что создает условия конвергенции на юго-западном ограничении Сибирской платформы, а также отражает разворот блоков региона по часовой стрелке. Горизонтальное сокращение в меридиональном направлении в районе поднятия хребта Танну-Ола может быть предварительно определено равным 2–4 мм/год. Север-северо-восточным направлением смещений, но меньшими скоростями, характеризуются блоки поднятий Хамар-Дабана и Восточного Са-

Институт земной коры
Сибирского отделения
Российской Академии наук, Иркутск
Отдел физических проблем
Бурятского научного центра
Сибирского отделения
Российской Академии наук, Улан-Удэ
Purdue University, West Lafayette, USA
Université de Bretagne Occidentale,
Brest, France
Géosciences Azur, Nice, France
Центр астрономии и геофизики АНМ,
Улан-Батор, Монголия

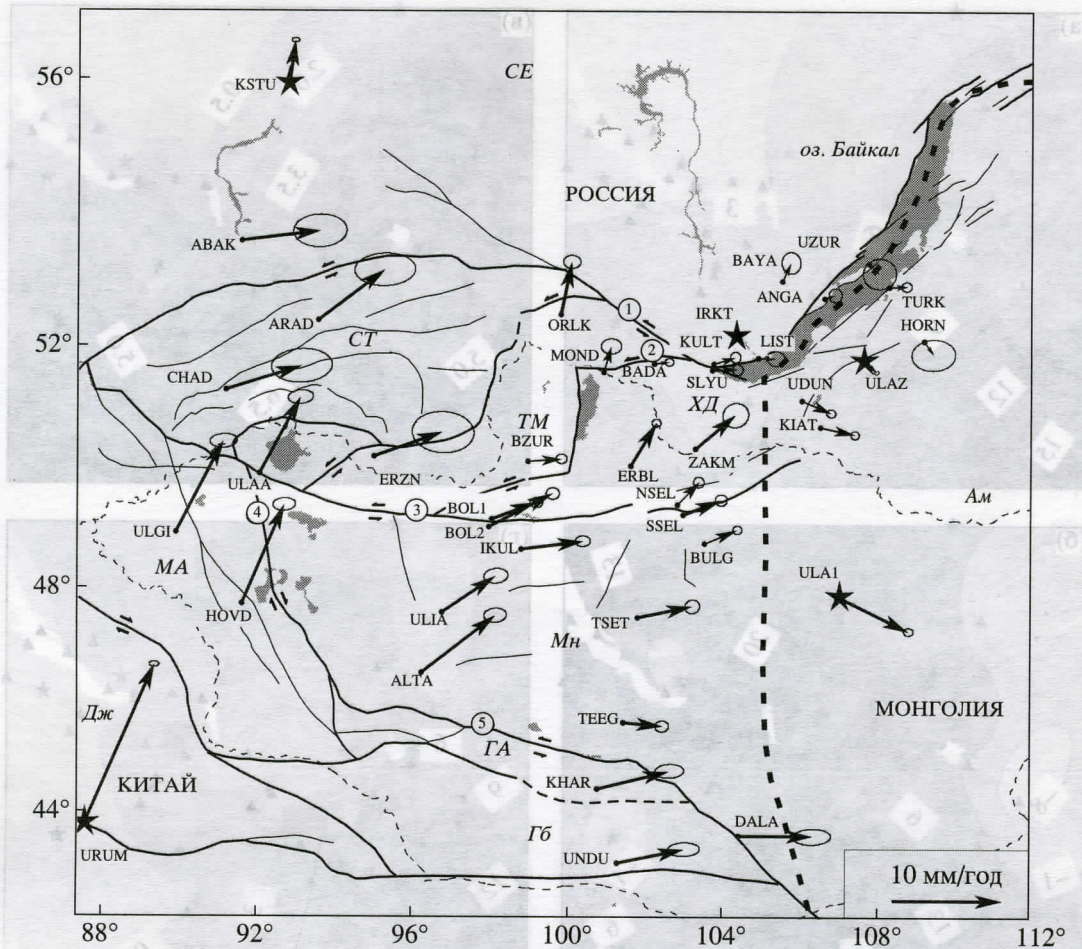


Рис. 1. Поле скоростей современных горизонтальных движений Монголо-Сибирского региона по данным измерений на Байкальском, Монгольском и Тувинском GPS-полигонах за 1994–2002 гг. Векторы скорости смещений пунктов относительно пункта IRKT (г. Иркутск) показаны с эллипсами 95% доверительного интервала. Рядом с пунктами наблюдений указаны четырехбуквенные аббревиатуры их названий и значения скорости движений в мм/год. Сплошными и штриховыми линиями показаны межблоковые разломы (1 – Главный Саянский, 2 – Тункинский, 3 – Болнайский, 4 – Кобдинский, 5 – Долиноозерский), тонкими линиями – внутриблоковые разломы, жирной штриховой линией – граница Амурской плиты. Стрелками возле линий разломов показан знак сдвигового смещения. Буквами обозначены плиты (CE – Северная Евразия, Ам – Амурская) и блоки (CT – Саяно-Тувинский, TM – Тувино-Монгольский, XД – Хамар-Дабанский, MA – Монголо-Алтайский, ГА – Гоби-Алтайский, Дж – Джунгарский, Mn – Монгольский).

яна. Поднятия Хангая вместе с Гобийским Алтаем смещаются в субширотном направлении со скоростью 5–6 мм/год. При этом очевидна тенденция увеличения скорости на юг от Сибирской платформы.

Забайкальская часть Амурской плиты смещается в юго-восточном направлении 135° в.д. со скоростью, изменяющейся от 1.5 до 6.9 мм/год. Малые значения скоростей характерны для пунктов, расположенных вблизи Байкальской впадины. На удалении от нее, на западном склоне Хэн-тэя (пункт ULA1, г. Улан-Батор), скорость нарастает, оставаясь постоянной по направлению. Учитывая предварительные данные наших измерений в Восточной Монголии, можно заключить, что полное значение скорости удаления Амурской

плиты от Северной Евразии в центральной части Байкальского рифта приближается к 4–6 мм/год. Это не противоречит данным китайских геодезистов, определивших, что GPS-пункты, расположенные в восточной части Амурской (Северо-Китайской) плиты смещаются относительно стабильной Северной Евразии в юго-восточном направлении со скоростью около 5–6 мм/год [10].

В целом поле векторов горизонтальных движений отражает сочетание в пределах исследуемого региона процесса движения масс в север-северо-восточном направлении с выжиманием блоков западной части Монголии на восток, с одной стороны, и общее движение Амурской плиты в юго-восточном направлении в восточной части территории, с другой. Вопрос о проведении запад-

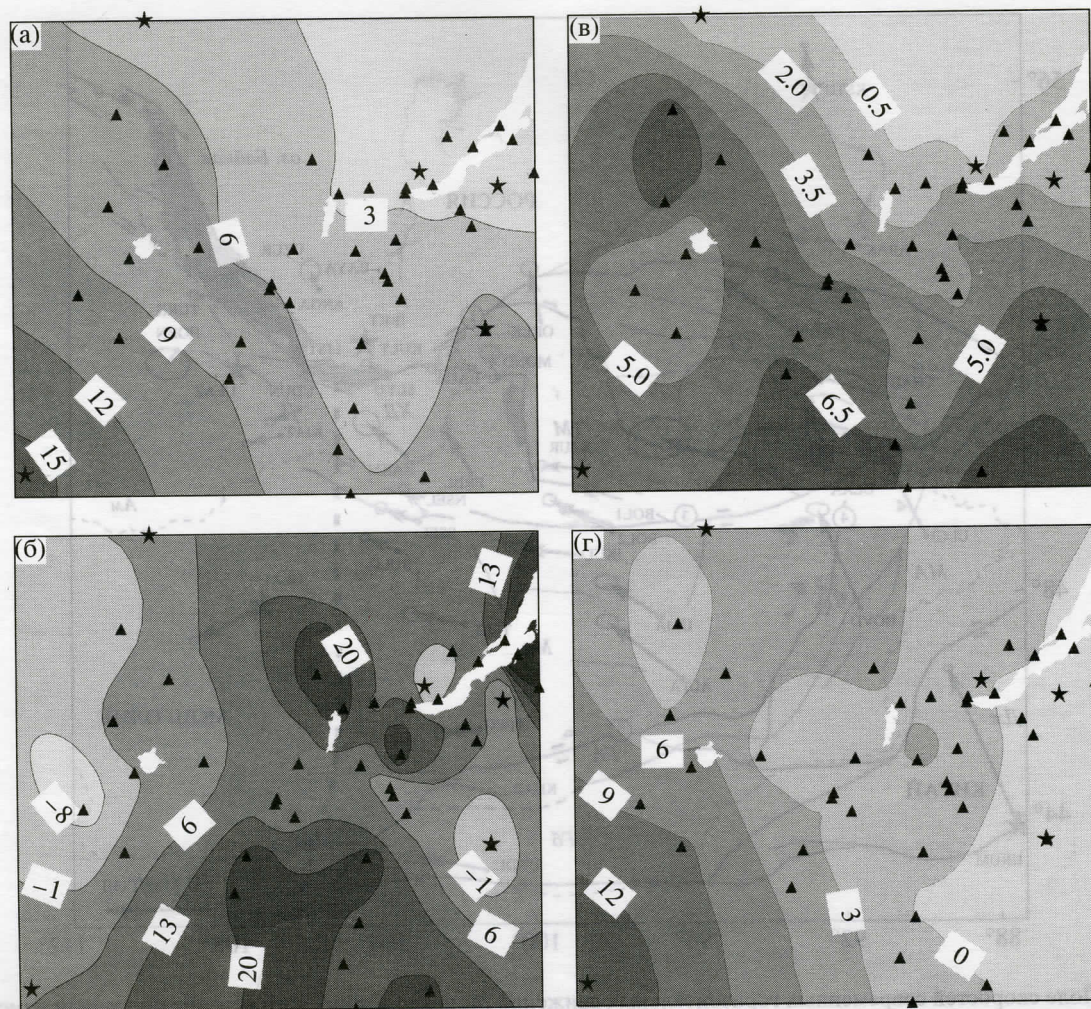


Рис. 2. Схемы усредненных по площади значений компонент полного вектора скоростей современных движений: а – горизонтальной компоненты, б – вертикальной компоненты, в – горизонтальной компоненты по направлению запад-восток, г – горизонтальной компоненты по направлению юг-север.

ной границы Амурской литосферной плиты со времени выделения последней [1] не имеет однозначного решения. Авторы указанной публикации уверенно проводили ее по Байкальской впадине, а далее на юг, предположительно через эпицентральную зону Могодского землетрясения 1967 г., считая, что граница плиты должна быть выражена повышенной сейсмической активностью. Из схем значений компонент современных движений (см. рис. 2а, 2в, 2г) следует, что предложенный ранее вариант проведения границы между активно деформируемым Монгольским блоком и слабodeформируемой Амурской плитой оправдан с кинематической точки зрения. Хотя формально она может быть смещена несколько восточнее, ближе к 105 меридиану. Морфологически граница выражена Орхон-Селенгинской депрессией, разделяющей Хангайское и Хэнтэйское сводовые поднятия. Она представляет собой

правостороннюю сдвиго-раздвиговую зону. Скорость смещения Амурской плиты относительно Монгольского блока составляет 4.3–4.5 мм/год.

Анализ данных измерений в зонах основных межблоковых сдвигов – Главного Саянского, Тункинского, Болнайского, Долиноозерского, Кобдинского показывает, что градиент скорости относительных горизонтальных смещений блоков в ближней к контакту зоне нарастает по отношению к внутриблоковому пространству. Эта закономерность отражает упруго-пластичное поведение межблоковых ограничений. В отдельных случаях можно наблюдать ситуацию “запертой” (locked) структуры. Так, GPS-пункты, расположенные в крыльях Главного Саянского разлома, смещаются в одном направлении с одинаковой скоростью на протяжении всего периода измерений. Эта ситуация указывает на то, что в настоящее время разлом “заперт” и в его зоне происхо-

дит накопление упругих напряжений, разряда которых будет сопровождаться, вероятно, сильным землетрясением. В то же время измерения в зоне Болнайского разлома, в непосредственной близости от магистрального шва, показывают наличие левосторонних криповых движений со скоростью около 1.5 мм/год при общей скорости относительного смещения блоков, равной 2.5 мм/год. По-видимому, различия в кинематических характеристиках разломных зон могут быть связаны с различными стадиями сейсмического цикла, на которых находятся эти дизъюнктивы.

Поле скоростей вертикальных движений, полученное в результате GPS-эксперимента, в целом хорошо коррелирует с региональным рельефом. В нем проявлены Хангайское, Хубсугульское, Восточно-Саянское и Северо-Байкальское поднятия, а также крупные отрицательные формы – Орхон-Селенгинская депрессия, Селенгино-Тэсхемское и Ангаро-Селенгинское понижения, впадины Долины Больших Озер (см. рис. 2б). Согласно данным поперечно-волновой томографии, в пределах региона выявлен ряд низкоскоростных аномалий на глубине 50–350 км, интерпретируемых как плюмоподобные области разогретой мантии [2]. Принято считать, что воздействие аномально разогретых мантийных масс на литосферу определяет поднятие последней с последующим растяжением. Над располагающимися на территории исследований Саяно-Монгольской и Северобайкальской аномалиями наблюдаются положительные аномалии современных вертикальных движений (см. рис. 2б). Вместе с тем нет оснований говорить о ведущей роли растекания масс аномальной мантии в генерации горизонтальных движений в литосфере и, в частности, в инициации движений Амурской плиты, как это следует из [8]. Так, наиболее ярко проявленный в рельефе и поле современных вертикальных движений Хангайский свод характеризуется горизонтальным сокращением земной коры в южной и центральной частях, что также соответствует механизмам очагов землетрясений.

Как показывает анализ современной кинематики литосферных блоков в Центральной Азии [3, 4, 7], коллизия Индостана и Евразии определяет лишь ту часть внутриконтинентальных деформаций, которая локализуется западнее 105 меридиана. Из наших данных, а также данных из работы [9] следует, что блоки, движение которых связано с давлением Индостана на литосферу

Центральной и Юго-Восточной Азии, не оказывают сжимающего воздействия на западные границы Амурской и Южно-Китайской плит. И, таким образом, движение последних в юго-восточном направлении относительно северной части Евразии может быть не связано с воздействием коллизионных процессов. Эти соображения ставят вопрос о поиске других источников движения плит восточной части Азии. В качестве альтернативы может быть сформулирована гипотеза об инерционном механизме движения этих плит при условии торможения крупных, спаянных между собой, платформенных массивов Северной Евразии за счет межплитных взаимодействий на юге и северо-востоке. Вероятность этого достаточно высока, поскольку смещение Амурской и Южно-Китайской плит относительно Северной Евразии совпадает с направлением движения Евразии в целом, которое, в свою очередь, связано с длинной ветвью конвективного потока в мантии.

Работа выполнена при финансовой поддержке фондов ИНТАС (№ 97–30874), РФФИ (гранты 01–05–65134, 02–05–22005 НЦНИ), Минпромнауки РФ, Президиума СО РАН, НЦНИ Франции и Академии наук Монголии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зоненшайн Л.П., Савостин Л.А. Введение в геодинамику. М.: Недра, 1979. 311 с.
2. Рассказов С.В., Логачев Н.А., Кожевников В.М., Яновская Т.Б. // ДАН. 2003. Т. 390. № 1. С. 90–95.
3. Саньков В.А., Леви К.Г., Лухнев А.В. и др. В сб.: Тектоника и геофизика: Материалы XXXV тектон. совещ. М.: Геос, 2002. С. 170–174.
4. Abdrakhmatov K.Ye., Aldazhanov S.A., Hager B.H. et al. // Lett. to Nature. 1996. V. 384. P. 450–453.
5. Herring T.A., Davis J.L., Shapiro I.I. // J. Geophys. Res. 1990. V. 95. P. 12 561–12 581.
6. King R.W., Bock Y. Documentation for the GAMIT GPS Software Analysis. Release 10.5. Inst. Technology and Scripps Inst. Oceanography, 2000.
7. Larson K.M., Burgmann R., Bilham R., Freymueller J.T. // J. Geophys. Res. 1999. V. 104. № B1. P. 1077–1093.
8. Logatchev N.A., Zorin Yu.A. // Tectonophysics. 1987. V. 143. № 2. P. 225–234.
9. Wang Q., Zhang P., Freymueller J.T. et al. // Science. 2001. № 294. P. 574–577.
10. Ziqing W., Wuxing D., Xiabing W. In: Proc. IV ASPG Workshop, Shanghai, 14–19 May 2001. Shanghai: Shanghai Sci. and Tech. Publ., 2001. P. 106–112.