

УДК 528.481:551.24(571.53/55+517)

НОВЫЕ ДАННЫЕ О СОВРЕМЕННЫХ ТЕКТОНИЧЕСКИХ ДЕФОРМАЦИЯХ ЮЖНОГО ГОРНОГО ОБРАМЛЕНИЯ СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

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

Представлено академиком С.В. Гольдиным 17.06.2002 г.

Поступило 23.08.2002 г.

Исследования современных тектонических движений в южном горном обрамлении Сибирской платформы методами спутниковой геодезии с применением GPS-технологии начаты в 1994 г. Байкальский геодинимический GPS-полигон охватывает центральную и южную части Байкальской и Тункинскую рифтовые впадины, часть поднятия Восточного Саяна и поднятие хребта Хамар-Дабан. Сеть полигона заложена усилиями российско-французской исследовательской группы и к настоящему времени насчитывает 25 полевых пунктов, что позволяет получить информацию о деформациях земной коры в южной части Байкальской рифтовой системы и окружающих ее неотектонических поднятиях. С 1997 г. совместно с учеными Монголии начаты измерения сети нового полигона на территории Западной Монголии. Сеть из 26 пунктов охватывает зоны сейсмоактивных разломов, известных проявлениями сильнейших землетрясений прошлого столетия, таких, как Болнайское и Цэцэрлэгское 1905 г., Гоби-Алтайское 1957 г. Интегрированы в общую сеть пункты Тувинского и Хубсугульского локальных полигонов. Опорными для Байкало-Монгольской сети служат пункты постоянных измерений в Иркутске (IRKU с 1994 г. и IRKT с 1996 г.), Улан-

Удэ (ULAN с 1994 г. и ULAZ с 1999 г.) и Улан-Баторе (ULA1 с 1997 г.). Данные на полевых пунктах были получены в результате ежегодных измерений двухчастотными приемниками типа Ashtech Z12, с интервалом записи 30 с в течение 22 ч на протяжении 2–4 дней.

Обработка данных первичных наблюдений осуществлена программным пакетом "GAMIT" (vers. 10.5 [7]) в Институте земной коры СО РАН. Координаты и их приращения для региональных станций рассчитаны с использованием параметров орбит спутников, предоставляемых Международной GPS-службой (IGS), параметров вращения Земли (IERS), таблиц зависимости фазового центра антенн от азимута и высоты и других таблиц, рекомендованных IGS. Также в расчеты были включены 18 глобальных станций (FAIR, GRAZ, IRKT, SHAO, TSKB, ONSA, TIDB, USUD, KIT3, KSTU, URUM, TAIW, XIAN, HART, KOKB, YAKZ, TIXI, NVSK), относящихся к IGS, для связи с системой отсчета ITRF97. Ковариационные матрицы векторов станционных позиций и расчеты спутниковых орбит для каждого независимого дня решения были обработаны фильтром Кальмана ("GLOBK" [4]) для получения позиций станций и их формальных ошибок.

По данным измерений на пунктах геодезической GPS-сети, охватывающей центральную и юго-западную части Байкальской рифтовой системы и часть Северной Монголии, нами рассчитаны скорости современных горизонтальных тектонических движений и деформаций (рис. 1). В процесс расчетов были включены данные по 19 GPS-пунктам, три из которых имеют статус постоянных и оперировались в бесперебойном режиме IRKT, ULAZ и ULA1. Для полевых станций период измерений превышал два года. Пункты, расположенные на территории Западного Забайкалья, смещаются в юго-восточном направлении. Скорость раздвижения блоков в районе Южно-Байкальской впадины составляет около 2–3 мм/год.

*Институт земной коры
Сибирского отделения Российской Академии наук,
Иркутск*

*Отдел физических проблем
Бурятского научного центра
Сибирского отделения Российской Академии наук,
Улан-Удэ*

*ВНИИФТРИ, Иркутск
Purdue University, West Lafayette, USA
Géosciences Azur, Nice, France*

*Центр астрономии и геофизики АНМ,
Улан-Батор, Монголия*

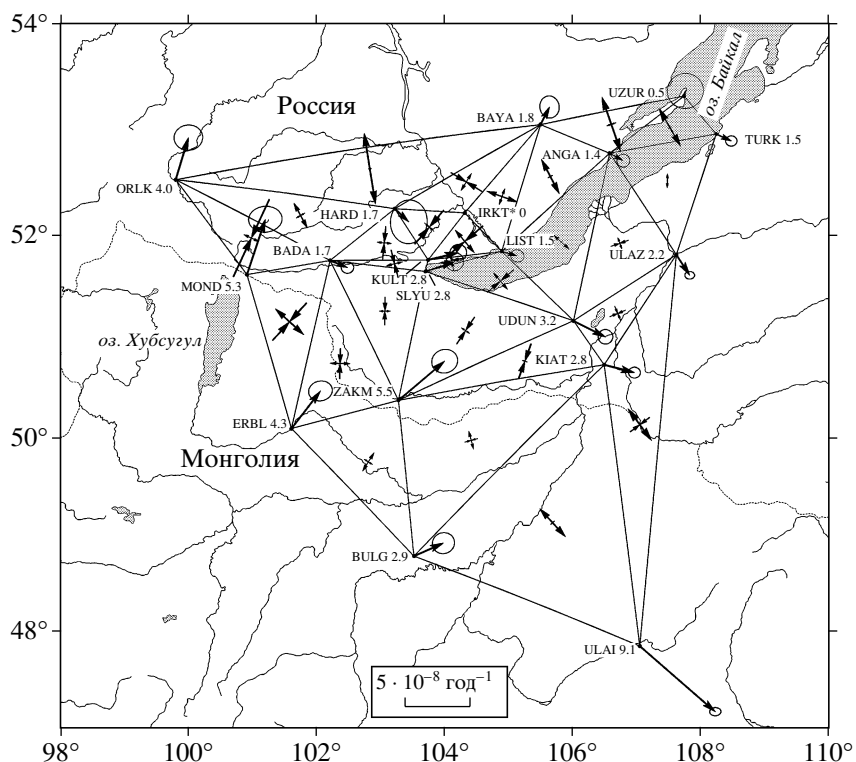


Рис. 1. Поле скоростей современных горизонтальных движений и деформаций южного обрамления Сибирской платформы по данным измерений на Байкальском и Монгольском GPS-полигонах за 1994–2001 гг. Векторы скорости смещений пунктов относительно IRKT показаны с эллипсами 95% доверительного интервала. Рядом с пунктами наблюдений указаны аббревиатуры их названий и значения скорости движений, мм/год.

По предварительным результатам измерений за 1994–1998 гг. ее оценка составляла 4.5 ± 1.2 мм/год [3]. Учитывая данные измерений на постоянном пункте ULA1 в Улан-Баторе, согласно которым он смещается относительно пункта IRKT со скоростью 9.1 мм/год в том же юго-восточном направлении, можно говорить о тенденции к увеличению скорости смещений блоков с севера на юг от края Сибирской платформы. Пункты, расположенные на территории Северной Монголии и Восточного Саяна, смещаются в северо-восточном направлении со скоростями около 3–5 мм/год. Точка BULG, располагающаяся южнее, испытывает широтные смещения. По сделанным нами предварительным оценкам, Хангайский и Гобийский блоки в целом также смещаются в широтном направлении.

Для расчетов скоростей горизонтальных тектонических деформаций использовался подход, детально описанный в работе [6] и реализованный ее автором в пакете программ “FONDA”. Расчеты проводились для треугольников, общее число которых в GPS-сети составило 27 (см. рис. 1). По направлению и соотношению осей деформаций сокращения и растяжения в треугольниках геодезической сети выделяются несколько крупных зон. Среди них две субпараллельные зоны

преобладающего растяжения – центральная часть Байкальской впадины и Орхон-Селенгинская депрессия, характеризующиеся интенсивными деформациями растяжения в северо-западном–юго-восточном направлении. Они разделены зоной сжатия, охватывающей блок поднятия Хамар-Дабан, и переходящей к северо-востоку в Западной Забайкалье в зону с равными по абсолютной величине деформациями сокращения и растяжения. Последняя ситуация условно может быть названа условиями сдвига. Направление сокращения меняется от субмеридионального в западной части зоны до северо-восточного – в восточной. Одновременно уменьшается и интенсивность горизонтальных деформаций. Вся юго-западная часть Байкальской рифтовой системы, включая Восточное Прихубсугулье, Тункинскую и южную часть Южно-Байкальской впадины, характеризуется юго-западным–северо-восточным направлением сокращения и северо-западным–юго-восточным направлением растяжения при равенстве абсолютных значений деформаций по этим двум осям. Локальная область преобладающего сокращения отмечается в западной части Тункинских гольцов.

В целом пространственное распределение преобладающих типов горизонтальных деформаций

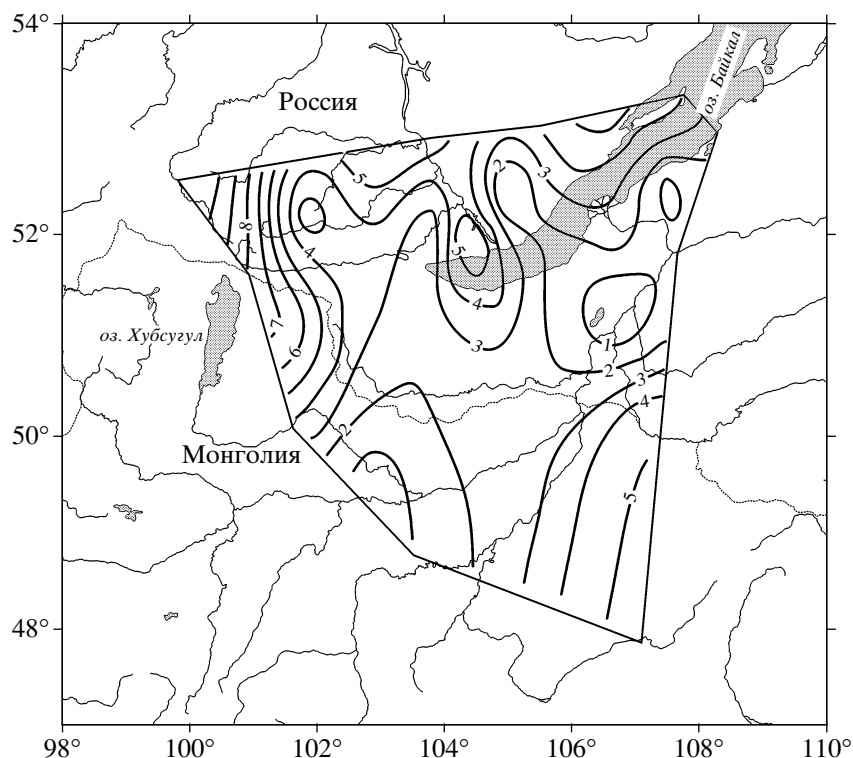


Рис. 2. Поле современных максимальных горизонтальных сдвиговых деформаций южного обрамления Сибирской платформы по данным измерений на Байкальском и Монгольском GPS-полигонах за 1994–2001 гг. Значения изолиний в миллирадиан в год.

коры создает картину зональной смены условий растяжения, сдвига и сжатия в направлении северо-запад–юго-восток. Впадины и понижения в региональном рельефе соответствуют областям растяжения и сдвига. Области преобладающего сокращения земной коры пространственно тяготеют к поднятиям.

Из расчета угловых скоростей деформаций геодезической сети, руководствуясь методикой, описанной в [5], мы получили значения максимальной скорости сдвиговой деформации ($\dot{\gamma}$) для каждого треугольника (рис. 2). В Байкальской впадине выделяются два максимума этого параметра – в районе дельты р. Селенги и Приольхонье, а также в Южно-Байкальской впадине, в районе истока р. Ангары. Минимум скорости сдвиговых деформаций наблюдается на восточном склоне Хамар-Дабана и в районе Гусиноозерской впадины. Относительный минимум в районе южной оконечности оз. Байкал сменяется повышением значений $\dot{\gamma}$ далее в западной части полигона на территории Восточного Саяна. В Северной Монголии максимум $\dot{\gamma}$ тяготеет к западному склону Хэнтэй-Даурского поднятия и Орхонской депрессии, а минимум – к северо-восточному склону поднятия Хангая.

Необходимо учитывать, что в нашей работе не принимались в расчет вертикальная составляющая деформаций, а также кручение и дилатация. В силу этого прямое сопоставление с сейсмологическими данными – сейсмической активностью и фокальными механизмами землетрясений, не вполне возможно. Однако известные данные о направлениях принципиальных осей сейсмотектонических деформаций сжатия и растяжения в регионе [2] не противоречат рассчитанным нами направлениям сокращения и растяжения ячеек геодезической сети. Более того, области с известными сдвиговыми механизмами землетрясений соответствуют выделенным зонам с равными по абсолютной величине значениями растяжения и сокращения. Зоны максимальных значений $\dot{\gamma}$ совпадают с районами повышенной сейсмической активности и, в перспективе, могут служить индикаторами зон подготовки землетрясений в районах со слабой сейсмичностью.

Полученные данные подтверждают сформулированную авторами модель [1], согласно которой современное геодинамическое развитие южного горного обрамления Сибирской платформы обусловлено сочетанием сил сжатия со стороны Индо-Азиатской коллизии, вызывающих латеральное выжимание литосферных масс в широтном направлении, и растяжения, вызванного сме-

щением Амурской литосферной микроплиты в юго-восточном направлении относительно стабильной части Евразии.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке фондов ИНТАС (№ 97–30874), РФФИ (грант 00–15–98574, 01–05–65134) и СО РАН (проект 77).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Саньков В.А., Леви К.Г., Лухнев А.В. и др. В сб.: Тектоника и геофизика. Материалы XXXV Тектонического совещания. М.: Геос, 2002. С. 170–174.
2. Солоненко А.В., Солоненко Н.В., Мельникова В.И. и др. В сб.: Сейсмичность и сейсмическое районирование Северной Евразии. М., 1996. В. 2. С. 363–371.
3. Calais E., Lesne O., Deverchère J. et al. // Geophys. Res. Lett. 1998. V. 25. № 21. P. 4003–4007.
4. Herring T.A., Davis J.L., Shapiro I.I. // J. Geophys. Res. 1990. V. 95. P. 12561–12581.
5. Ferhat G., Feigl K.L., Ritz J.F., Souriau A. // Earth and Planet. Sci. Lett. 1998. V. 159. P. 35–46.
6. Dong D., Herring T.A., King R.W.K. // J. Geodesy. 1998. V. 72. P. 200–214.
7. King R.W., Bock Y. Documentation for the GAMIT GPS Software Analysis. Release 10.5. Massachusetts: Inst. Technology; Scripps Inst. Oceanography, 2000.