

УДК 550.34+551.24

ГЕОДИНАМИКА И СЕЙСМИЧНОСТЬ ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ

© 2017 г. Ю. Г. Гатинский^{1,*}, Т. В. Прохорова^{2,**}, академик РАН Д. В. Рундквист¹

Поступило 29.07.2016 г.

Изучение геодинамики восточной части Центральной Азии показывает, что современная тектоническая активность этой территории, большую часть которой занимают Северо-Китайская и Южно-Китайская платформы, связана с делением на блоки, ограниченные активными разломами, и с взаимодействием этих блоков друг с другом и с соседними литосферными плитами. Наиболее активна западная граница Южно-Китайской платформы с блоками Тибета, где объемы энергии увеличиваются до 10^{10} – 10^{12} Дж, магнитуды до 8–9. На этой границе взаимодействие тибетских блоков с блоком Юго-Восточного Китая под влиянием давления Индостанского индентора вызывает срыв и поворот по часовой стрелке верхних горизонтов земной коры.

DOI: 10.7868/S0869565217030173

Восточная часть Центральной Азии входит в состав Восточно-Азиатской транзитной зоны, отделяющей Северо-Евразийскую литосферную плиту от Тихоокеанской, Филиппинской и Австралийской плит [1]. Строение и палеотектоническая эволюция древних платформ на этой территории детально рассмотрены во многих публикациях китайских геологов. Наша работа посвящена современной геодинамике этих структур и их обрамления. При ее составлении использованы данные Электронного геодинамического глобуса (<http://earth.jssc.ru>), основными авторами которого являются Ю.Г. Гатинский и Д.В. Рундквист. Гетерогенность строения Восточно-Азиатской зоны подтверждается ее повышенной сейсмичностью, широким развитием активных разломов, ограничивающих коровые и корово-мантийные блоки различного размера (рис. 1), направлением и скоростями векторов GPS (http://itrf.ensg.ign.fr/ITRF_solutions/2014/ITRF2014.php). Западная граница зоны совпадает с протяженным субмеридиональным георазделом 102° – 103° в.д., выделенным в нашем докладе на МГК 2004 во Флоренции совместно с С.В. Черкасовым [2]. В более поздних работах он именовал-

ся как “субмеридиональная трансрегиональная пограничная структура” [3] и “Тектонический пояс Север–Юг” [4]. Геораздел 102° – 103° частично близок к зоне ВЕБИРС, выделявшейся иркутскими геологами в 70-х годах прошлого века [3].

К востоку от геораздела векторы GPS направлены преимущественно на 106° – 121° ЮВ со скоростями 26–35 мм/год, а к западу от него преобладают северные и северо-восточные направления векторов с изменением их скоростей с юга на север от 50 до 23–25 мм/год. Геораздел в первом приближении совпадает с границей Центрально-Азиатской и Восточно-Азиатской транзитных зон. В пределах первой из них на современном этапе преобладает тектонический режим транспрессии со сжатиями под влиянием давления Индостанского индентора. В Восточно-Азиатской зоне развит режим трансенсии с современными растяжениями, связанными с глубоким погружением [5] и, по-видимому, с постепенным распадом и отмиранием на глубине Тихоокеанского слэба, а также с поднятием мантийных плюмов под Забайкальем и Северной Монголией [6]. На схеме аномального гравитационного поля в редукции Буге геораздел 102° – 103° разграничивает в Центральной Азии области с преобладанием аномалий –150...–200 мГал на западе и –100...–50 мГал на востоке, что отвечает возрастанию мощности земной коры с востока на запад от 30–45 до 48–70 км [6].

Территория Северо-Китайской платформы включает полностью 4 корово-мантийных блока, ограниченных активными разломами [7, 8] и зонами повышенной сейсмичности: Джартай на западе, Ордос, Тайхангшан и Северо-Китайский в

¹ Государственный геологический музей
им. В.И. Вернадского

Российской Академии наук, Москва

² Институт теории прогноза землетрясений
и математической геофизики

Российской Академии наук, Москва

* E-mail: gatinsky@gmail.com, dvr@sgm.ru

**E-mail: tatprokh@mitp.ru

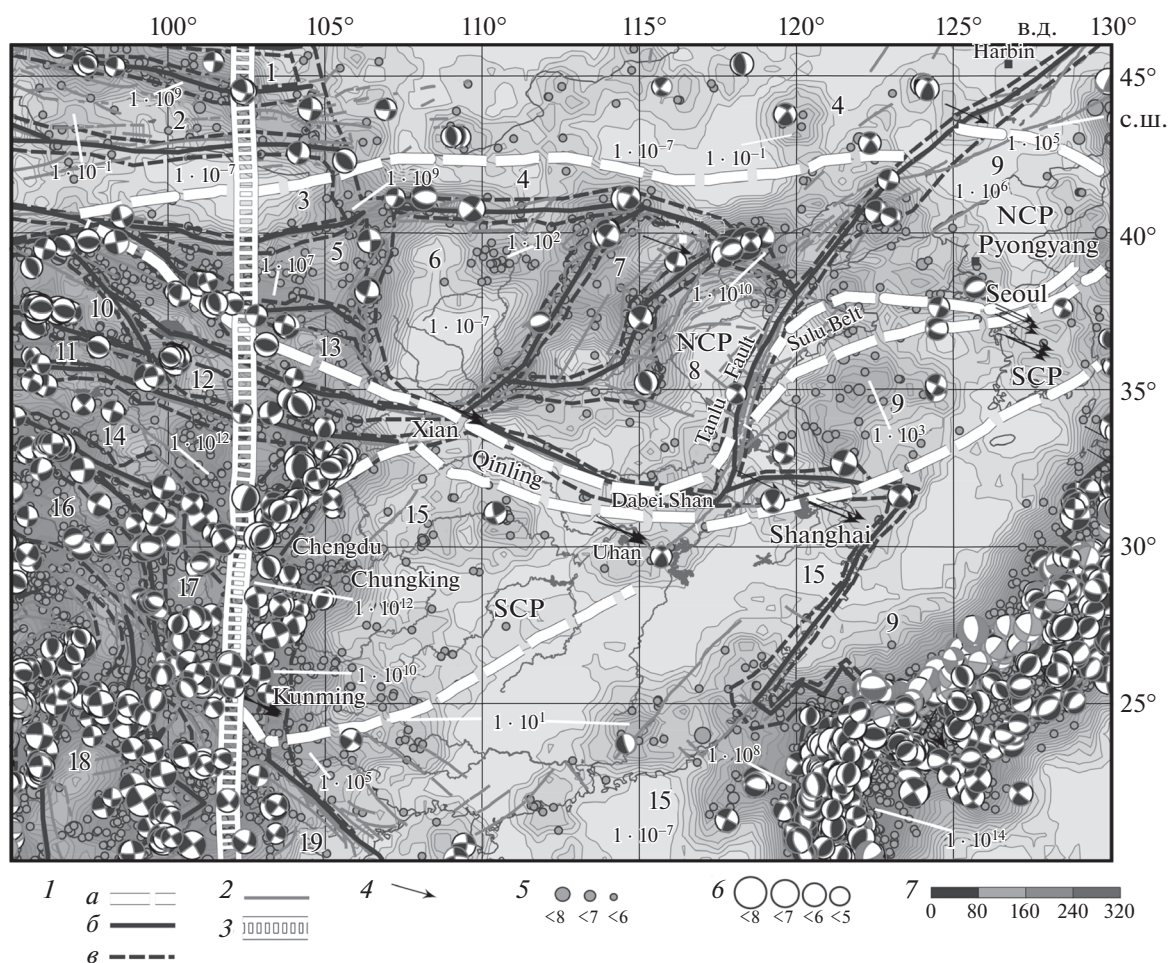


Рис. 1. Современная геодинамика и сейсмичность восточной части Центральной Азии. Цифрами обозначены: 1 – границы платформ (а), блоков (б) и межблоковых зон (е); 2 – активные разломы; 3 – геораздел 102°–103° в.д.; 4 – векторы горизонтальных перемещений блоков по данным ITRF 2014; 5 – шкала магнитуд эпицентров землетрясений, для которых не производились определения механизмов (NEIC 2014); 6 – шкала магнитуд землетрясений, для которых определены механизмы (СМТ 2015); 7 – шкала глубин гипоцентров (СМТ 2015). Кружки, разбитые на секторы, – фокальные механизмы в гипоцентрах землетрясений по данным СМТ 2015. Изолиниями и различными оттенками серого цвета показаны объемы высвобождающейся сейсмической энергии, рассчитанные авторами по данным NEIC 2014. Подписаны отдельные значения энергии в джоулях. NCP – Северо-Китайская платформа, SCP – Южно-Китайская платформа. Цифрами на карте обозначены блоки: 1 – Западная и Центральная Монголия, 2 – Южное Гоби, 3 – Бей-Шань, 4 – Амурский, 5 – Джартай, 6 – Ордос, 7 – Тайханг-Шань, 8 – Северо-Китайский, 9 – Японско-Корейский, 10 – Цайдам, 11 – Восточный Кунлунь, 12 – Западный Циньлин, 13 – Цилян, 14 – Баянхар, 15 – Юго-Восточного Китая, 16 – Северный Тибет, 17 – Кам Диан, 18 – Шан, 19 – Индокитайско-Зондский.

центре, часть Японско-Корейского блока на востоке [1]. Объемы сейсмической энергии в межблоковых зонах достигают 10^7 – 10^{10} Дж, магнитуды землетрясений до 6–8 [6]. Преобладают левосторонние сдвиги с растяжениями вокруг Ордоса и на востоке платформы и со сжатиями на юго-западе вдоль границы с блоком Цилян, совпадающим с хр. Цилян-Шань. Северо-Китайский и Японско-Корейский блоки разделены разломом Танлу, а на западе платформу пересекает геораздел 102°–103° в.д.

Вокруг большинства границ блока Ордос развиты кайнозойские рифты с продолжающимся

растяжением (по данным СМТ 2015). Левосторонние сдвиги ограничивают СКП с юга. Также левым в позднеюрское и меловое время являлся разлом Танлу, вдоль которого восточная часть Южно-Китайской платформы (ЮКП) сместилась на 425–500 км к северу. Аналогии докембрийских структур Дабей-Шаня установлены в поясах Сулу на п-ове Ляодун и Импджинганг в Корее [9, 10]. В позднем кайнозое вдоль Танлу происходят менее интенсивные правосторонние сдвиги с растяжениями, включая бассейн Бохай и более мелкие впадины. Продолжение разлома Танлу к северу служит восточным ограничением Амурского бло-

ка (плиты), что подтверждается изучением векторов GPS [11].

Основная часть ЮКП входит в состав крупного блока Юго-Восточного Китая, а ее северо-восток — в Японско-Корейский блок (рис. 1). На юго-востоке платформа граничит с Катазиатскими каледонидами, на западе — с мезозоидами Тибета и Юннани. На севере она отделена от СКП палеозойско-раннемезозойской складчатой зоной Циньлин. Уровень высвобождающейся сейсмической энергии в большей части территории ЮКП не превышает $1 \cdot 10^4$ Дж, магнитуды на северо-востоке в Желтом море и около Шанхая достигают 4–5. Преобладают левосторонние сдвиги с северо-западным и субмеридиональным простиранием. Более напряженная геодинамическая обстановка наблюдается на западной границе ЮКП, вдоль которой проходит геораздел 102° – 103° . Уровень энергии возрастает до 10^{10} – 10^{12} Дж, магнитуды достигают 8–9, включая катастрофическое землетрясение Венчуань 2008 г. в провинции Сычуань к западу от г. Чэнду. Преобладают сжатия с надвигами, лево- и правосторонние сдвиги.

С блоком Юго-Восточного Китая на западе граничат тибетские блоки Баянхар и Кам Диан [1]. Максимальные объемы высвобождающейся сейсмической энергии, как и эпицентры большинства исторических с $M \geq 8$ и инструментально замеренных землетрясений с $M = 6$ –8, приурочены к межблоковым зонам, а также к георазделу 102° – 103° . Данные СМТ 2015 указывают на преобладание сжатий (надвигов к юго-востоку) на границе блока Юго-Восточного Китая с блоком Баянхар и преимущественно правосторонних сдвигов вдоль геораздела. Западнее в Тибете преобладают левосторонние сдвиги. Векторы GPS 2014 отвечают заметному вращению земной коры в этой части Юго-Восточной Азии по часовой стрелке. Вращение по часовой стрелке устанавливается также непосредственно для блока Баянхар, по обеим границам которого на севере и юго-западе развиты левосторонние сдвиги. В межблоковых зонах на этих границах отмечены весьма высокие для Центральной Азии объемы энергии $((6.4$ – $7.2) \cdot 10^{16}$ Дж). После землетрясения Венчуань, произошедшего на пересечении геораздела 102° – 103° с разломом Лонгменшань в пределах межблоковой зоны на юго-восточной границе блока Баянхар с ЮКП, энергия этой зоны возросла с $1.13 \cdot 10^{15}$ до $9.25 \cdot 10^{16}$ Дж, что сопоставимо с энергией западно-тихоокеанских зон субдукции $((11.79$ – $15.33) \cdot 10^{16}$ Дж) [1]. Рассмотрим причины возрастания объемов сейсмической энергии и геодинамику западной границы ЮКП.

На структурном разрезе земной коры, проходящем через северо-запад и центр Центральной Азии [12], показаны флексуры в коре на границах

блоков Алтай и Джунгар, Тарим и Цилян, Куньлунь и Баянхар, Баянхар и Юго-Восточный Китай (место землетрясения Венчуань). Эти флексуры совпадают с межблоковыми зонами и связаны с взаимодействием блоков. Флексура между Баянхаром и Юго-Восточным Китаем отвечает надвигу к юго-востоку верхней и средней коры. На геофизическом разрезе литосферы вдоль трансекта GGT 21 Евразия–Тихий океан [13] выделены низкоскоростные (предположительно, частично расплавленные) слои в низах верхней и в средней коре. К границам большинства блоков приурочено резкое уменьшение мощности мантийной части литосферы.

Результаты сейсмического и магнитотеллурического зондирования по программам GGT 21 и INDEPTH [14] установили в литосфере на востоке Тибета мощностью 100–120 км слои возможного частичного плавления на глубинах 20–30 км. На границе с холодной и более мощной (130–180 км) литосферой Юго-Восточного Китая верхняя часть коры Восточного Тибета срывается с нижнекоревой и мантийной подложки и движется на юго-восток вокруг Восточно-Гималайского синтаксиса со скоростью 20–30 мм/год [15]. Это вызывает повышенную сейсмическую активность на западной границе ЮКП. В то же время в Центральном и Западном Тибете вся литосфера продолжает двигаться на север-северо-восток в направлении пододвигания Индийской плиты.

Проведенное изучение геодинамики восточной части Центральной Азии показывает, что современная тектоническая активность входящих в ее состав древних платформ и обрамляющих их складчатых структур связана с делением на блоки, ограниченные активными разломами, и с взаимодействием этих блоков друг с другом и с соседними плитами. Главное воздействие на них оказывают коллизия Индостана с Евразией, глубокое погружение и продвижение к западу тихоокеанского слэба, поднятие мантийных плюмов в районе Байкала и Монголии, мощность и термальное состояние литосферы. В пределах СКП в межблоковых зонах преобладают растяжения и сдвиговые перемещения с формированием рифтовых структур. В ЮКП наиболее активна ее западная граница с блоками Тибета, совпадающая с георазделом 102° – 103° в.д., где объемы энергии увеличиваются до 10^{10} – 10^{12} Дж, магнитуды до 8–9. Аномалии глубинного строения тибетских блоков и их взаимодействие с блоком Юго-Восточного Китая под влиянием давления Индостанского индентора вызывают срыв и поворот по часовой стрелке верхних горизонтов земной коры на западной границе ЮКП.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Gatinsky Yu., Rundquist D., Vladova G., Prokhorova T.* // Intern. J. Geosci. 2011. № 2. P. 1–12. <http://www.SciRP.org/journal/ijg>.
2. *Rundquist D.V., Gatinsky Yu.G., Cherkasov S.V.* Trans-Eurasian Divider: Structural and Metallogenic Evidences. 32-IGC, Florence, 2004. Abs., part 1, 136-13. P. 620.
3. *Шерман С.И.* Локализация современных сильных землетрясений в Центральной Азии: редкое сочетание геодинамических и триггерных факторов. В сб.: Триггерные эффекты в геосистемах. Материалы III Всерос. семинара-совещания. М.: Геос, ИДГ РАН, 2015. С. 138–149.
4. *Wang Ch.Yo., Yang W.C., Wu J.P., Ding Zh.F.* // Chinese J. Geophys. 2015. V. 11. P. 3867–3901. doi 10.6038/cjg20151101
5. *Parfeevets A.V., Sankov V.A.* // C.R. Geoscience. 2012. V. 344. P. 227–238.
6. *Gatinsky Yu.G., Prokhorova T.V.* // Universal J. Geosci. 2014. V. 2. № 2. P. 43–52.
7. *Xu X., Deng Q.* // J. Geophys. Res. 1996. V. 101. № B3. P. 6209–6231. doi 10.1029/95JB01238
8. *Трифонов В.Г., Соболева О.В., Трифонов Р.В., Востриков В.А.* Современная геодинамика Альпийско-Гималайского коллизионного пояса // Тр. Геол. ин-та РАН. 2002. В. 541. 225 с.
9. *Deng Ya., Fan W., Zhang Z., Badal J.* // J. Asian Earth Sci. 2013. V. 78. P. 263–276.
10. *Metcalf I.* // Gondwana Res. 2006. V. 9. P. 24–46.
11. *Тимофеев В.Ю., Ардюков Д.Г., Соловьев и др.* // Геология и геофизика. 2012. Т. 53. № 4. С. 489–507.
12. Crustal Structure of China from Deep Seismic Sounding Profile. 2001. <http://earthquake.usgs.gov/research/structure/crust/china.php>.
13. *Yuan X., Egorov A.S., GEMOC.* A Short Introduction to Global Geoscience Transect 21: Arctic Ocean – Eurasia – Pacific Ocean. М.: Science Press, 2000. 32 p.
14. *Li S., Unsworth M.J., Booker J.R., et al.* // Geophys. J. Intern. 2003. V. 153. № 2. P. 289–304. doi 10.1046/j.1365-246X.2003.01850.x
15. *Hu J., Yang H., Xu X., Wen L., Li G.* // Gondwana Res. 2012. V. 22. № 3/4. P. 1060–1067. doi 10.1016/j.epsl.2011.03.034