

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
ОТДЕЛЕНИЕ НАУК О ЗЕМЛЕ
НАУЧНЫЙ СОВЕТ ПО ПРОБЛЕМАМ ТЕКТОНИКИ И ГЕОДИНАМИКИ
ПРИ ОНЗ РАН
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУ-
КИ ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
(ГИН РАН)
ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ МГУ им. М.В. ЛОМОНОСОВА

ТЕКТОНИКА И ГЕОДИНАМИКА ЗЕМНОЙ КОРЫ И МАНТИИ: ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ-2022

Материалы ЛШ Тектонического совещания

Том 2

Москва
ГЕОС
2022

Новейшая структура и строение верхней мантии Центральной Азии

Под названием Центральная Азия рассматривается регион, расположенный между восточной частью Альпийско-Гималайского и западной частью Алтайско-Станового горных поясов. К востоку от региона находятся равнинные и низкогорные области Восточного Китая и Восточной Монголии. Западной границей региона является простирающийся на СВ кулисный ряд новейших впадин от Афгано-Гаджикской на юге до Чуйской впадины Алтая на севере. Впадины разделены хребтами, высота которых снижается к западу. Регион в целом возвышается над смежными территориями и отличается от них обилием активных разломов и повышенной сейсмичностью. Регион характеризуется сложным сочетанием тектонических зон, возраст которых, за единичными исключениями, последовательно омолаживается от позднего рифея и раннего палеозоя на севере до эоцена на юге. Эти тектонические зоны продолжают за пределы Центральной Азии, что свидетельствует о том, что ее обособление как структурного элемента Евразии произошло в олигоцене–квартере, т.е. в течение неотектонического этапа развития.

В развитии новейшей структуры региона отмечается общая закономерность – резкое возрастание интенсивности вертикальных движений в плиоцен-четвертичное время, приведшее к образованию современных горных систем. Признаки такого ускорения наметились еще в конце миоцена (Восточный Саян, Саур), но более отчетливо проявились в плиоцене, а местами (Гималаи, Тибет, Центральный Тянь-Шань) лишь с конца плиоцена, в результате чего высота указанных горных сооружений возросла в 2–3 раза. До того их развитие происходило по-разному. Формирование новейшей структуры юга региона (Гималаи и горные системы Памиро-Пенджабского синтаксиса) стало непосредственным результатом развития коллизионных процессов перед фронтом Индийской плиты и характеризовалось интенсивными рельефообразующими складчато-надвиговыми деформациями. Особое место среди этих образований занимает Центральный и Восточный Тибет, где дифференцированные проявления вертикальных смещений существенно уступают по амплитуде общему поднятию.

В Тянь-Шане и севернее, в областях палеозойской и более раннего возраста континентальной коры, усилению рельефообразующих под-

¹ Геологический институт РАН, Москва, Россия

нятий предшествовала длительная эпоха планации и формирования кор выветривания, а тектонические события олигоцена, раннего и среднего миоцена привели к образованию лишь низкоргорных поднятий. Зоны современных горных хребтов этой области представляют собой новейшие сводово-глыбовые (в поперечном сечении) поднятия, ограниченные и нарушенные разломами. Доля изгибных деформаций поверхности палеозойского основания, в целом уменьшается к северу, где зоны хребтов нередко образуют чисто глыбовые формы. Все эти поднятия являются структурами поперечного или косо горизонтального сжатия, о чем свидетельствуют их линейная форма, взбросо-надвиговая и взбросо-сдвиговая кинематика пограничных разломов. От поднятий такого типа принципиально отличается Хангайское нагорье [4]. Это меридионально удлинённый овалный свод, наиболее возвышенная южная часть которого поднята до 4 км. Свод обрамлен С-образным поясом впадин, протягивающимся от Долины Озер на юге через Котловину Больших Озер и впадину Убсу-Нур на западе до Тувинской и Тункинской впадин на севере. Отдельные впадины пояса разделены относительно невысокими поднятиями.

Анализ распределения активных разломов разной кинематики показал, что на крайнем юге региона, в Гималаях и Памиро-Пенджабском синтаксисе доминируют надвиги. Севернее преобладают надвиги, правые сдвиги и взбросо-сдвиги. Они протягиваются узкой полосой на юге и западе Тибета и охватывает всю западную и северо-западную часть региона кроме западной границы Памиро-Пенджабского синтаксиса, где доминируют левые сдвиги. В центре и на северо-востоке региона также преобладают левые сдвиги. С ними местами сочетаются сбросы, которые находят концентрированное выражение в Байкальской рифтовой зоне.

На основе данных об активных разломах рассчитаны направления осей и величины деформаций современного горизонтального сжатия и растяжения [3]. Расчеты показали, что во всей северо-западной части региона и отчасти на остальной территории господствует сжатие, ориентированное на западе субмеридионально, а восточнее на СВ. Северные отроги Алтая, Байкальская рифтовая зона и, что особенно важно, Хангайское нагорье и Тибет испытывают растяжение (для Тибета оно подтверждено анализом механизмов очагов землетрясений [2]), что делает весьма сомнительной возможность передачи давления Индийской плиты более северным территориям. Такая возможность сохраняется только для западной и северо-западной части региона, где сжатие прослеживается непрерывно.

Для исследования строения мантии региона использована объемная модель вариаций скоростей продольных (P) волн МПТ-Р08 [6], представляющая отклонения скоростей P -волн от среднего значения (dV_p), заданные в процентах. На ее основе были построены 12 сейсмотомографических разрезов и несколько разноглубинных срезов мантии. Получены следую-

щие результаты. Под Северным Тянь-Шанем и южной частью Западного Тянь-Шаня выявлены высокоскоростные (уплотненные) объемы мантии – реликты слэбов палеозойской океанской литосферы. Обнаружено пододвигание верхнего высокоскоростного слоя Индийской платформы под Гималаи. При этом мощность слоя возрастает от 100 до 300 км, и он продолжается на север, достигая Внешней зоны Памира, Кунь-Луня под западом Тибета и блока Лхаса под более восточной его частью.

Севернее блока Лхаса под Центральным и Восточным Тибетом находится объем мантии с резко пониженными скоростями сейсмических волн. Он имеет форму воронки, прослеживаемой уверенно до глубины 1200 км и менее отчетливо – 1600 км. Второй такой же объем выделяется под Гобийским Алтаем и Хангайским нагорьем. Он также имеет форму воронки, наиболее погруженная часть которой достигает глубины ~1250 км и находится под наиболее поднятой южной частью Хангайского нагорья. Оба низкоскоростных (разуплотненных) объема интерпретируются нами как внутримантийные плюмы, которые, в отличие от Эфиопско-Афарского и Тихоокеанского суперплюмов, вырождаются на глубинах 1200–1600 км. Под Хэнтэйским нагорьем также выделяется низкоскоростной объем, достигающий глубин 700–800 км, где он соединяется каналом с Хангайским плюмом, т.е. является его ответвлением.

Под крупнейшими горными системами Центральной Азии (Центральный и Восточный Тянь-Шань, Монгольский Алтай) верхняя мантия в той или иной мере разуплотнена. Под Таримской микроплитой, Цайдамом и Цилян-Шанем скорости сейсмических волн имеют средние или слабо повышенные значения. Повышенными значениями характеризуются и некоторые краевые горные сооружения – Западный Тянь-Шань, Саур, Горный Алтай, Саяны.

Сопоставление строения верхней мантии с новейшей структурой приводит к следующим выводам. Поднятие Центрального и Восточного Тибета, Хангайского и Хэнтэйского нагорий связано с расположенными под ними внутримантийными плюмами. Хангайско-Хэнтэйский плюм обусловил проявления базальтового вулканизма, который по петролого-геохимическим данным определен как вулканизм плюмового типа [1, 5, 7]. Подлитосферные потоки, распространявшиеся от этих плюмов и, возможно, Эфиопско-Афарского суперплюма привели к разуплотнению литосферы и подлитосферной мантии большинства горных сооружений региона, обусловив способность их земной коры к изгибным деформациям и интенсивное поднятие в плиоцене–квартере. Воздействие коллизионного сжатия не зависело от разуплотнения мантии. Но горные сооружения, где оно не зарегистрировано, испытали меньшее поднятие (Западный Тянь-Шань по сравнению с Центральным Тянь-Шанем, Тарбагатай по сравнению с Сауром).

Под наиболее поднятыми горными системами (Гималаи, Каракорум, Восточный Гиндукуш, Памир, Тибет, Западный Куньлунь и район Хан-Тенгри) обнаружено резкое разуплотнение мантии на глубинах 70–100 км, ставшее важной причиной их поднятия. Возможно, разуплотнение связано с поступлением флюидов в результате дегидратации, обусловленной деформационными изменениями верхней мантии. Осевая часть Гималаев и их южный склон находятся вне области разуплотнения. Их аномальное поднятие обусловлено воздыманием козырька аллохтона над поддвигом Индийской платформы.

Заключение. В результате выполненных исследований определены особенности и источники формирования различных элементов новейшей структуры и проявлений активной тектоники Центральной Азии. Охарактеризован новый класс мантийных образований – Тибетский и Хангайский внутримантийные плюмы, восходящие с глубин 1200–1600 км, показано их неотектоническое значение. Условия растяжения, возникающие над указанными плюмами, ограничивают коллизионный механизм передачи давления Индийской плиты более северным тектоническим зонам.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 17-17-01073-п.

Литература

1. Рассказов С.В., Брандт С.Б., Брандт И.С., Иванов А.В. Радиоизотопная геология в задачах и примерах. Новосибирск: ГЕО, 2005. 268 с.
2. Ребецкий Ю.Л., Алексеев Р.С. Тектоническое поле современных напряжений Средней и Юго-Восточной Азии // Геодинамика и тектонофизика. 2014. Т. 5. № 1. С. 257–290.
3. Трифонов В.Г., Зеленин Е.А., Соколов С.Ю., Бачманов Д.М. Активная тектоника Центральной Азии // Геотектоника. 2021. № 3. С. 60–77.
4. Трифонов В.Г., Соколов С.Ю., Бачманов Д.М., Соколов С.А., Трихунков Я.И. Неотектоника и строение верхней мантии Центральной Азии // Геотектоника. 2021. № 3. С. 31–59.
5. Ярмолюк В.В., Коваленко В.И., Самойлов В.С. Тектоническое положение позднекайнозойского вулканизма Центральной Азии // Геотектоника. 1991. № 1. С. 69–83.
6. Li C., van der Hilst R.D., Engdahl E.R., Burdick S. A new global model for P wave speed variations in Earth's mantle // *Geochem. Geophys. Geosyst.* 2008. Vol. 9. No. 5. P. 1–21.
7. Yarmolyuk V.V., Kudryashova E.A., Kozlovsky A.M., Lebedev V.A., Savatenkov V.M. Late Mesozoic–Cenozoic intraplate magmatism in Central Asia and its relation with mantle diapirism: Evidence from the South Khangai volcanic region, Mongolia // *Journal of Asian Earth Sciences.* 2015. Vol. 111. P. 604–623.