

## Итоговый научно-популярный отчет по проекту РФФИ за 2014-2016 гг.

**Номер проекта:** 14-05-00122

**Название проекта:** История новейшего горообразования в Альпийско-Гималайском коллизионном поясе и роль течения и преобразования верхней мантии в этом процессе

**Руководитель проекта:** Трифонов Владимир Георгиевич

Альпийско-Гималайский горный пояс протягивается от Атлантики до Юго-Восточной Азии и включает в себя высочайшие горные системы. Пояс совпадает с областью коллизией, т.е. схождения континентальных участков литосферных плит южного ряда (Африки, Аравии и Индостана) и Евразии. В рамках данного проекта РФФИ исследовалась история и происхождение горообразования в этом поясе на двух масштабных уровнях: в Аравийско-Кавказском сегменте пояса, где проводились экспедиционные работы на востоке Турции, в Северной Армении и северо-западной части Большого Кавказа, и в пределах всего пояса от Альп и Эгейского моря до восточных границ Гималаев, Тибета и Тянь-Шаня. Сравнивалось развитие новейшего горообразования в Альпийско-Гималайском поясе и других горных поясах – Алтайско-Становом, северо-востока Азии, запада Северной и Южной Америки. Установлено, что повсеместно горообразование происходило одновременно с развитием коллизионных процессов или иных проявлений сжатия на границах плит в две стадии. На первой стадии, которая началась примерно 30 млн лет назад, возникали низко- и среднегорные возвышенности в местах концентрации сжатия, вызванного сближением плит и блоков литосферы. Сжатие приводило к утолщению земной коры и, как следствие, поднятию поверхности. Вторая стадия горообразования началась 7–2 млн лет назад и продолжается поныне. В эту стадию скорость подъёма гор резко возросла, и сформировались современные горные системы. Согласно сделанным наблюдениям и расчётам, коллизионного сжатия оказывается недостаточно для значительных и быстрых поднятий второй стадии. Сопоставление полученных результатов с геофизическими данными о строении коры и мантии Земли показало, что под этими высокогорными поднятиями низы земной коры и/или верхи мантии разуплотнены, что и вызвало их дополнительное поднятие. Разуплотнение стало результатом глубинных перемещений и минеральных преобразований горных пород под воздействием подлитосферной верхней мантии. Этот процесс не ограничился горными поясами. Поднятия, хотя и не столько значительные, возникли на территориях некоторых платформенных областей, прежде отличавшихся вялыми тектоническими движениями и не испытывавших подобного сжатия, и даже вблизи рифтовых зон, развивающихся в условиях растяжения. Таким образом, вторая стадия горообразования охватила гораздо большие площади, чем первая, и вышла за пределы областей, испытывающих деформационное утолщение коры под воздействием сжатия. Если первая стадия горообразования вполне объяснима взаимодействием плит и блоков литосферы, то ускорение вертикальных движений во вторую стадию не находит объяснения в рамках теории тектоники литосферных плит (плейт-тектоники).

Анализ данных сейсмотомографии, т.е. определений скоростей прохождения сейсмических волн в мантии Земли на глубинах до 2900 км, выполненный для объёмов мантии под Альпийско-Гималайским поясом и другими территориями, подтвердил существование общемантийной конвекции, которая осуществляется, однако, иначе, чем это предполагалось в рамках плейт-тектоники. Восходящую ветвь конвекции образуют общемантийные суперплюмы типа Эфиопско-Афарского и Центрально-Тихоокеанского. От суперплюмов распространяются подлитосферные верхнемантийные потоки, которые из-за вязкого трения перемещают литосферные плиты. В местах расхождения плит возникают зоны спрединга (раздвигания и вулканического поступления на поверхность продуктов мантии). В ходе движения плит эти зоны изменяют пространственное положение, а глубинные источники магматизма ограничены примерно верхними 200 км.

В местах схождения плит возникают зоны субдукции (погружения литосферных масс) и коллизии. Ранее было установлено на северо-восточных окраинах Азии, что большинство зон субдукции переходит в горизонтальные тела на уровне переходного слоя мантии (400–700 км). Авторами данного проекта показано, что подобное происходит на юго-востоке Альпийско-Гималайского пояса. Поэтому зоны субдукции не вносят решающего вклада в нисходящую ветвь конвекции, которая более рассеяна, чем восходящая ветвь, и реализуется путём отрыва и погружения плотных нижнелитосферных масс под континентальными платформами и областями наиболее интенсивной коллизии. В эпохи обширной коллизии она замедляет сближение плит, и подлитосферные потоки распространяются под соседние с коллизией области. Перерабатывая переходный слой мантии, потоки обогащаются флюидами. Активизированные потоки частично замещают мантийную часть литосферы, а флюиды вызывают метаморфические преобразования вблизи границы кора-мантия. Оба процесса приводят к разуплотнению горных масс. Оно является причиной усиления вертикальных движений во вторую стадию горообразования.

Чтобы понять, какую роль играла вторая стадия горообразования в тектонической истории Земли за последние 560 млн лет, были выявлены её древние аналоги. Известно, что горообразовательные процессы имели место на заключительных этапах так называемых каледонского и герцинского тектонических циклов, соответственно, 420–375 и 330–250 млн лет назад. В обоих этапах выделяются сравнительно короткие вторые стадии, когда горообразование было наиболее интенсивным, охватывало горные пояса целиком и вышло за их пределы. Эти стадии имеют возраст 398–392 млн лет (эйфельский век девонского периода) и 285–275 млн лет (артинский век пермского периода). Обе стадии совпали с эпохами частичной перестройки глобальной системы взаимодействия литосферных плит, возможно, отражающими некоторую реорганизацию её глубинных источников. Итак, вторая стадия новейшего горообразования отражает особое планетарное событие, предопределённое широким распространением коллизионных условий, но вышедшее за пределы областей коллизионного взаимодействия плит. Так же, как в предшествующие этапы горообразования, это событие может изменить глобальную систему взаимодействия плит и её глубинных источников, но масштабы и содержание этих изменений мы пока оценить не можем. Четыре глобальных орогенетических этапа (новейший, герцинский, каледонский и, вероятно, более ранний вендский, продолжавшийся до начала кембрия) занимали в течение последних 560 млн лет >30% геологического времени, а вторые стадии орогенеза, судя по трём последним этапам, длились  $\leq 7\%$  времени (рисунок).

