

«Стадии новейшего структурообразования и современная геодинамика центральной части Альпийско-Гималайского коллизионного пояса». Руководитель Трифионов В.Г.

Реферат

В 2008–2010 гг. выполнены полевые работы в Тянь-Шане и Сирии и обработаны материалы, позволившие восстановить историю новейшего структурообразования и современную геодинамику центральной части Альпийско-Гималайского пояса. В эоцене в поясе существовали реликты Неотетиса и задуговые бассейны с утонённой корой. С олигоцена выделяются четыре стадии деформаций, когда сжатие различалось по направлению: олигоцен–ранний миоцен; средний миоцен; поздний миоцен–ранний плиоцен; поздний плиоцен–квартер. В первую стадию (сжатие ССЗ–ЮЮВ) закрылась часть субокеанских прогибов; имели место деформации на СЗ Памиро-Гиндукуша, в Гератской зоне, Кветте, Тянь-Шане, Закавказье, Балканах, Восточных Альпах и Западных Карпатах. Заложился Аденско-Красноморский рифт и Трансформа Мёртвого моря. Во вторую стадию (сжатие СВ–ЮЗ) деформации и надвигание охватили Гималаи, Каракорум, Памир, Восточные Карпаты, Загрос. Закрылись кавказские прогибы Паратетиса. В третью стадию (сжатие ССЗ–ЮЮВ или С–Ю) возникли надвиги южного склона Кавказа и Пальмирид, активизировались деформации Эллинид и Памира. В плиоцене оформилась современная сеть разломов (сжатие ~С–Ю). В последние 4–2 млн. лет вертикальные движения резко возросли. Сформировались современные горные системы, в смежных прогибах стала накапливаться грубая моласса. До начала плиоцена рост гор обуславливался сжатием. Поднятия были не выше среднегорных. Поднятие сжатой коры продолжалось в плиоцен–квартере, но на него наложилось общее поднятие пояса. Оно превосходило поднятие, обусловленное сжатием, охватило хребты и смежные впадины и привело к современному рельефу. Причиной общего поднятия могло быть воздействие астеносферы закрывшегося Тетиса, распространившейся под пояс: разуплотнение верхов мантии из-за их частичного замещения астеносферой и низов коры из-за ретроградного метаморфизма под воздействием астеносферных флюидов. Глубинные преобразования могли обусловить и углубление впадин Восточного Средиземноморья, Чёрного и Каспийского морей.

Содержание.

В 2008–2010 гг. были выполнены полевые работы в Тянь-Шане и Сирии и обработаны материалы, позволившие восстановить историю новейшего структурообразования и современную геодинамику центральной части Альпийско-Гималайского пояса. В эоцене литосфера будущего орогенического пояса представляла собой гетерогенное сочетание микроплит с сутурами и другими проявлениями предшествовавших стадий коллизии Евразии и плит Гондваны. На западе и в центре пояса большие площади охватывались морским осадконакоплением, преимущественно эпиконтинентальным и мелководным. Значительная часть будущей Высокой Азии – Центральный и Восточный Тянь-Шань, Тарим, Памир-Гиндукуш-Каракорумский регион, Куньлунь и Тибет, были сушей. Территория Центрального и Восточного Тянь-Шаня была в палеоцене и эоцене пенепленом с относительными превышениями в первые сотни метров (предорогенная поверхность выравнивания). Переотложенная кора выветривания слагает маломощную континентальную красноцветную тонкообломочную толщу с фауной среднего–позднего эоцена и, возможно, раннего олигоцена. В ее нижней части обнаружены покровы базальтов с К-Аг и Аг-Аг возрастами 54–70 млн. лет. Сходной толщей представлен нижний палеоген в Чуйской впадине Горного Алтая.

Выделялись реликты Неотетиса и задуговые бассейны с утонённой (субокеанической) корой. Реликты Неотетиса существовали в Трансгималаях (зона Инда–Цангпо), южнее Макрана (где бассейн позднее стал периферией Индийского океана), между Аравийской плитой и Санандадж-Сирджанской зоной Ирана и у северо-западного края будущей Аравийской плиты. Среди задуговых бассейнов крупнейшей была Карпато–Большо-Кавказская субширотная система эшелонированных расположенных прогибов, протягивавшаяся от Внешнекарпатской зоны до прото-Южнокаспийской впадины. Прогибы разделялись перемычками северо-западного простирания, частью бывшими областями мелководья. Южнее находился Сабзеварский прогиб, достигавший на западе Талыша, продолжавшийся на восток Герирудским прогибом и сообщавшийся с Предмакранским реликтом Неотетиса через Восточно-Иранский бассейн. В конце среднего эоцена и позднем эоцене большая часть пояса (кроме его северной периферии) испытала значительные складчато-надвиговые деформации. Сузились и частично закрылись задуговые бассейны Неотетиса.

С олигоцена поныне выделяются четыре стадии деформаций, в течение которых сжатие орогенического пояса, определяемое движением гондванских плит, различалось по направлению. Эти стадии соответствуют: олигоцену и раннему миоцену; среднему миоцену; позднему миоцену и раннему плиоцену; позднему плиоцену–квартеру.

В первую стадию наибольшее сжатие было ориентировано на ССЗ–ЮЮВ. На востоке региона продолжавшиеся в олигоцене деформации сжатия привели к закрытию субокеанических прогибов Сабзеварского и зоны Инда–Цангпо. Интенсивные деформации имели место на северо-западе Памиро-Гиндукуша, где привели к выдавливанию блока Юго-Западного Памира к востоку и его надвиганию на зону Юго-Восточного Памира, а также в Гератской зоне на севере Афганистана и окрестностях Кветты. Олигоцен-миоценовые конгломераты несогласно перекрыли деформированные отложения зоны Инда–Цангпо, а также обрамления Памира и Куньлуня. Дифференцированные вертикальные движения распространились в Тянь-Шань. В Чуйской впадине Горного Алтая песчано-гравийно-галечный аллювий в прибортовых частях впадины также указывает на зарождение соседних поднятий.

В Аравийско-Кавказском сегменте орогенического пояса, перед фронтом Южного Тавра, субдукция конца эоцена – олигоцена завершилась коллизией Таврид с Аравийской плитой и перекрытием аккреционной призмы нижнемиоценовыми осадками. ~17 млн. лет назад восстановилась Кипрская дуга и достигли кульминации деформации на СЗ Аравийской плиты. Они проявились и в других зонах Аравийско-Кавказского сегмента орогенического пояса вплоть до южного фланга кавказской части Карпато-Кавказской системы прогибов, а также в Балканах. Продолжалась начавшаяся в конце эоцена коллизия Адрии, Восточных Альп и Западных Карпат с Евразией, сопровождавшаяся развитием передового прогиба. Перемещение внутренних карпатских зон положила начало оформлению Карпатской дуги. Оно завершилось надвиганием сорванных покровов Северных Карпат на передовой прогиб в конце раннего миоцена. Важнейшим событием олигоцена стало заложение грабена будущего Аденско-Красноморского рифта, что положило начало отодвиганию Аравии от Африканской плиты. В связи с этим ~20 млн. лет назад возникла Трансформа Мёртвого моря, северная часть которой тогда проходила вдоль континентального склона Левантинской впадины.

Во вторую стадию наибольшее сжатие было ориентировано на СВ–ЮЗ. На востоке пояса наиболее интенсивные латеральные перемещения и деформации коровых блоков происходили в области Индо-Евразийской коллизии. С конца раннего миоцена и в среднем миоцене деформации и надвигание охватили Гималаи, Каракорум и памирские зоны северо-западного простирания. Вместе с тем, в Центральном Тянь-Шане, где возникшие в олигоцене поднятия простираются на восток-северо-восток, в миоцене области осадконакопления стали шире и перекрыли часть олигоценых поднятий. Сходный режим развития фиксируется в Чуйской впадине Горного Алтая. Интенсивные движения происходят по Главному надвигу Загроса и приводят к закрытию реликтового бассейна Неотетиса между Аравийской плитой

и Санандадж-Сирджанской зоной. Это положило начало развитию Месопотамского передового прогиба, наследовавшего прогнутую северо-восточную окраину Аравийской плиты. В конце среднего – начале позднего миоцена на северо-восточном фланге прогиба началась складчатость. Происходит закрытие кавказских прогибов Паратетиса, испытавших складчатость в конце второй стадии, а также надвигание Внешней зоны Восточных Карпат на Фокшанскую впадину Предкарпатского прогиба. Однако увеличение мощности осадочного чехла не вызвало там поднятия поверхности до расчётной величины 1,5–2,4 км, она осталась на высоте ~0,5 км. Следовательно, произошла компенсация подъёма на 1–2 км уплотнением вещества на более глубинном уровне литосферы. Подобное явление, вероятно, имело место на южном склоне Большого Кавказа.

В третью стадию с пиком в мессинии ориентировка сжатия становится север-северо-западной или субмеридиональной. Возникла система южновергентных надвигов на южном склоне Большого Кавказа и в Пальмиридах. Активизировались складчатые деформации в Эллинидах и надвигообразование на Памире. В некоторых межгорных впадинах Центрального Тянь-Шаня и в Чуйской впадине Горного Алтая в верхнем миоцене отмечено возрастание содержания грубообломочных пород.

К середине плиоцена сформировалась современная сеть крупных активных разломов пояса, перемещения по которым (преимущественно сдвиговые) указывают на субмеридиональную ориентировку оси наибольшего сжатия. На северо-западе Аравии начало четвёртой стадии 4–3,5 млн. лет назад сопровождалось перестройкой структурного плана северной части Трансформы Мёртвого моря: возникли сегменты Яммуне и Эль-Габ, где сконцентрировались основные перемещения. Тогда же окончательно сформировались Восточно-Анатолийская и Северо-Анатолийская зоны разломов и Главный современный разлом Загроса, обозначившие современные границы Аравийской и Анатолийской плит.

В среднем плиоцене–квартере (последние 4–2 млн. лет) скорости вертикальных тектонических движений резко возросли, и вертикальная амплитуда смещений, как минимум, удвоилась, а местами утроилась. Именно в это время сформировались современные горные системы и высокие плато, а в предгорных прогибах и межгорных впадинах повсеместно стала накапливаться грубая моласса. Наиболее значительное усиление восходящих движений фиксируется в Центральной Азии.

Начало фазы ускорения вертикальных движений не было строго одновременным. Увеличение средней высоты Гималаев более, чем на 3 км, и Центрального Тянь-Шаня на ~2 км произошло с конца плиоцена (~2 млн. лет назад). Быстрое поднятие Тибета началось 2,4–2,8 млн. лет назад и составило 2500–3600 м; одновременно поднялись Куьнлунь на 2600–3100 м и Тарим на ~1200 м. Выделены этапы усиления воздымания, причем интенсивность подъема от этапа к этапу возрастала. Памир за последние 3–5 млн. лет поднялся в среднем на ~2 км. На Алтае данными трекового анализа выявлено ускорение воздымания в последние ~3,5 млн. лет. Тогда же стала возрастать контрастность рельефа в Прибайкалье, Интенсивный рост гор в плиоцен–квартере установлен на Большом Кавказе, в Карпатах и Альпах. На сирийском побережье Средиземного моря выявлен быстрый рост Берегового и Ливанского хребтов.

Хотя усилившееся в плиоцен–квартере поднятие горных систем распространилось на большинство сопряжённых с ними межгорных и предгорных впадин, в Эгейском и Черном морях, Среднем и Южном Каспии, Ионической и Левантинской впадинах Средиземного моря усилилось опускание. Следовательно, плиоцен–квартер был временем усиления не только восходящих, но и нисходящих тектонических движений, т.е. общего возрастания их контрастности.

До начала плиоцена рост горных сооружений обуславливался коллизионным сжатием пояса. Судя по относительной тонкообломочности осадков и небольшой амплитуде врезов этого времени (первые сотни метров), возникавшие поднятия были, как правило, не выше

среднегорных. Изостатическое поднятие утолщённой сжатием коры продолжалось и в плиоцен–квартере, причём местами интенсивнее, чем прежде, но на него наложилось общее поднятие орогенического пояса. Оно существенно превосходило по амплитудам вклад поднятия, обусловленного сжатием, не зависело от кайнозойской предыстории, охватило не только хребты, но и большинство смежных впадин и привело в конечном счёте к современному горному рельефу пояса. Причиной этого поднятия, не связанного с коллизионным сжатием, могло быть воздействие активной астеносферы закрывшегося Тетиса, распространившейся под орогенический пояс, а именно изостатическая реакция на разуплотнение верхов мантии в результате частичного замещения литосферной мантии астеносферой и низов коры в результате ретроградного метаморфизма под воздействием охлаждённых астеносферных флюидов. Глубинные преобразования, вероятно, обусловили в плиоцен–квартере также углубление некоторых впадин и усиление поперечной сегментации пояса.

В 2010 г. были получены геофизические данные о детальном строении Левантской и других зон активных разломов запада Сирии на глубинах до 100 м. Установлено, что на сирийском участке Левантской зоны на обычную сейсмическую цикличность накладывается более долговременная вариация сейсмической активности, которая ограничивает возможность использования сильнейших исторических землетрясений для оценки современной сейсмической опасности.

В рамках работ по созданию нового комплекта карт общего сейсмического районирования России (ОСР-2012) создана как часть ГИС-проекта и скомпилирована в среде ArcGis база данных об активных разломах России и сопредельных территорий до 300 км от её границ. База данных актуализирует с использованием новейших технологий и дополняет новыми данными текстовую базу данных, созданную в 1994 г. для комплекта карт ОСР-97. База данных содержит сведения о расположении и параметрах разломов, проявивших активность в последние десятки тысяч лет, и может анализироваться совместно с характеристиками местности, включенными в тот же ГИС-проект, и любыми другими геолого-геофизическими данными. Выполнены обобщения по использованию аэрокосмических средств для изучения неотектоники и активной тектоники, по методике изучения активных разломов и оценке их сейсмического потенциала, включая архео- и палеосейсмологические исследования, и по ритмичности голоценовых сеймотектонических и климатических процессов как факторе общественного развития.

Список наиболее значимых опубликованных работ по теме

Бачманов Д.М., Трифонов В.Г., Миколайчук А.В., Вишняков Ф.А., Зарицков А.А. Минкуш-Кёкёмеренская зона новейшей транспрессии в Центральном Тянь-Шане. Геотектоника. 2008. № 3. С.30-50.

Бачманов Д.М., Трифонов В.Г., Миколайчук А.В., Додонов А.Е., Зарицков А.А., Вишняков Ф.А. Неотектоническое развитие Центрального Тянь-Шаня по данным о строении новейших впадин // Геодинамика внутриконтинентальных орогенов и геоэкологические проблемы. Вып.4. М.-Бишкек: Науч. ст. РАН, 2009. С. 12-19.

Трифонов В.Г., Караханян А.С. Динамика Земли и развитие общества. М.: ОГИ, 436 с.

Трифонов В.Г., Артюшков Е.В., Додонов А.Е., Бачманов Д.М., Миколайчук А.В., Вишняков Ф.А. Плиоцен-четвертичное горообразование в Центральном Тянь-Шане // Геология и геофизика. 2008. Т. 49, № 2. С.128-145.

Трифонов В.Г. Возраст и механизмы новейшего горообразования // Мат. 41-го Тектон. совещ., 2. М.: ГЕОС, 2008. С.349-353.

Трифонов В.Г. 30 лет геологических исследований с помощью космических средств: тенденции, достижения, перспективы // Исслед. Земли из космоса. 2010. № 1. С. 1–13.

Трифонов В.Г. Ритмичность природных процессов как фактор общественного развития // Ноосфера. 2010. №1 (30). С.34–47.

Трифонов В.Г., Кожурин А.И. Проблемы изучения активных разломов // Геотектоника. 2010. № 6. С.79–98.

Трифонов В.Г., Бачманов Д.М., Иванова Т.П., Имаев В.С. Принципы и технология использования геологических данных для оценки сейсмической опасности (на примере Сирии) // Инженерные изыскания. 2010. №4. С.44–51.

Трифонов В.Г., Иванова Т.П., Бачманов Д.М. Горообразование в новейшей геодинамике Альпийско-Гималайского пояса // Тектоника и геодинамика складчатых поясов и платформ фанерозоя. Мат. 43-го тектон. совещ., т. II. М.: ГЕОС, 2010. С. 371-375.

Dodonov A.E., Trifonov V.G., Ivanova T.P., Kuznetsov V.Yu., Maksimov F.E., Bachmanov D.M., Sadchikova T.A., Simakova A.N., Minini H., Al-Kafri A.-M., Ali O. Late Quaternary marine terraces in the Mediterranean coastal area of Syria: Geochronology and neotectonics // Quaternary Intern. 2008. Vol.190. P.158-170.

Karakhianian A.S., Trifonov V.G., Ivanova T.P., Avagyan A., Rukieh M., Minini H., Dodonov A.E., Bachmanov D.M. Seismic deformation in the St. Simeon Monasteries (Qal'at Sim'an), Northwestern Syria // Tectonophysics. 2008. Vol.453. P.122–147.

Trifonov V.G. Tectonic and climatic rhythms and the development of society. Chapter 10 in: Man and the Geosphere, ed. by I. Florinsky. N.-Y.: Nova Science Publishers, Inc. 2010. P. 257-305.

Trifonov V.G., Ivanova T.P., Bachmanov D.M. Vrancea and Hindu Kush areas of mantle earthquakes: comparative tectonic analysis. Proc. of the XIX Congress of the Carpathian-Balkan Assoc. Thessaloniki: Aristotle Univ. Sci. Annals of the School of Geology. Spec. vol. 99, 2010, pp. 51–56.