

Тектоническая эволюция центральной части Альпийско-Гималайского коллизионного пояса в позднем кайнозое

*Руководитель темы д.г.н. Трифонов В.Г.
Лаборатория неотектоники и современной геодинамики*

Исследования, выполненные в 2012 г., состояли из четырёх разделов: (1) обработка результатов полевых исследований прежних лет и обобщение этих новых данных в виде статей и монографий; (2) получение новых полевых результатов путем описания детальных разрезов новейших отложений Центрального Тянь-Шаня и Армении и сбора коллекции образцов для их датирования; разработка основы методики датирования и корреляции новейших отложений горных стран по палеомагнитным данным и разрезов плиоцен-четвертичных отложений по комплексу геолого-геоморфологических, геохимических, радиоизотопных, палеонтологических и археологических данных; (3) разработка теории новейшего горообразования; (4) актуализация базы данных об активных разломах.

Среди результатов, полученных по разделу (1), центральное место занимает подготовка к изданию и опубликование в идентичных версиях на русском и английском языках монографии Трифонова В.Г., Додонова А.Е., Бачманова Д.М., Ивановой Т.П., Караханяна А.С. и др. «Неотектоника, современная геодинамика и сейсмическая опасность Сирии» («Neotectonics, recent geodynamics and seismic hazard of Syria»; отв. ред. В.Г. Трифонов). В части I книги неотектоника, вулканизм и структурные изменения на территории Сирии в течение олигоцен-квартера описаны на фоне позднекайнозойской эволюции всего Аравийско-Кавказского сегмента Альпийско-Гималайского пояса. Часть II посвящена описанию активных разломов и GPS измерений современных движений по ним, деформаций позднечетвертичных морских террас, инструментальных и исторических землетрясений, архео- и палеосейсмичности и суммирующей их модели современной геодинамики Сирии. В части III представлены сейсмогенерирующие зоны Сирии и её обрамления и оценки максимальных возможных магнитуд землетрясений в этих зонах, а также детерминистическая (в баллах MSK) и вероятностные (в величинах ускорений для разных интервалов повторяемости и разных грунтовых условий) оценки сейсмической опасности Сирии. Приложены цветные карты неотектоники и современной геодинамики Сирии. Книга представляет не только региональный, но и методический интерес для неотектонистов, специалистов по новейшей геологии и сейсмичности в различных регионах сильной и умеренной сейсмичности, включая Россию.

Подготовлена к защите в качестве диссертации на соискание учёной степени кандидата геолого-минералогических наук обобщающая работа А.А. Колесниченко «Динамика формирования новейшей структуры области сочленения Русской плиты и Урала (Центральное Приуралье) по мезоструктурным данным». Среди других обобщающих работ заслуживают упоминания статьи о неотектонике Северо-Западного Кавказа (сдана в журнал «Геоморфология») и плиоцен-четвертичной тектонике и эволюции долины Евфрата в Сирии (опубликована в трудах Лондонского геологического общества, Special Publications, vol. 372, "Geological Development of Anatolia and the Eastmost Mediterranean Region").

По разделу (2) выполнены полевые работы в Центральном Тянь-Шане и Северной Армении. В Центральном Тянь-Шане завершены начатые в 2011 г. работы по составлению и палеомагнитному опробованию разрезов новейшей молассы южного борта Нарынской впадины и южного борта Иссык-Кульской впадины. Кроме того, аналогичные работы проведены в Джумгальской впадине и верхах разреза молассы (шарпылдагская свита раннего плейстоцена, или эоплейстоцена по российской терминологии) на востоке Иссык-Куля. В Нарынской впадине, на северном склоне хребта Байбиче-Тоо, описаны разрезы средненарынской и верхненарынской подсвит нарынской свиты общей мощностью ~1,7 км. Это моноклинально залегающий комплекс терригенных осадков с преобладанием аргиллитов, песчаников, гравелитов с прослоями конгломератов. В разрезе выделено 66 пачек, мощности которых колеблются от 15 м до 35 м. Из каждой пачки отобрано 3–4 палеомагнитных образца. В сумме в 2012 г. отобрано 223 образца.

В Иссык-Кульской впадине, в районе оз. Каракель, описана и опробована верхнеиссыккульская подсвета суммарной мощностью в 45 м; из неё отобрано 15 палеомагнитных образцов. На юго-востоке Иссык-Кульской впадины, в окрестности с. Барскоон, описан и опробован стратотипический разрез шарпылдагской свиты, венчающий разрез моласс Иссык-Кульской впадины. Разрез суммарной мощностью 220 м разделен на 16 пачек, из которых отобрано 39 палеомагнитных образцов.

Описан и опробован разрез молассовых отложений северного борта Джумгальской впадины в долине р. Кокемерен. Разрез имеет суммарную мощность 620 м. По аналогии с нарынским, джумгальский разрез разделён на пачки средней мощностью по 28 м, из которых отобран 41 палеомагнитный образец.

После завершения палеомагнитного исследования образцов, отобранных из разрезов впадин Центрального Тянь-Шаня в 2011 и 2012 гг., будут выполнены окончательная интерпретация разрезов, оценка возраста выделенных подразделений и, как итог, корреляция разрезов и интерпретация истории развития горообразовательных процессов в Центральном Тянь-Шане. В частности, предполагается решить, происходило ли развитие изученных впадин синхронно или в ином режиме.

В Армении в 2012 г. были исследованы разрезы раннеплейстоценовых (или эоплейстоценовых по российской терминологии) отложений восточных склонов Джавахетского нагорья и расположенной восточнее пологой наклоненной на восток равнины впадины Лори. Район исследований ограничен с юга Базумским хребтом с выходами офиолитов Мезотетиса, меловых и эоценовых осадочных и вулканогенно-осадочных толщ, а с СВ – Самхетским хребтом. В основании разреза залегают риолитовые лавы и туфы, сочетающиеся с диатомитами и терригенными озёрными отложениями, а также базальтовыми потоками. Образования того же типа распространены и в других вулканических районах Армении. Нами изучен разрез возле с. Нурсус в долине р. Раздан. Сделанные там палеонтологические находки предварительно определены и дали раннеплиоценовый возраст. Выше на Джавахетском нагорье залегает мощная серия лав и туфов от базальтов до дацитов. Базальтовые и андезито-базальтовые лавы растекались за пределы нагорья. Андезито-дациты и дациты сформировали более компактные возвышенности вблизи центров извержений. По К-Аг определениям в грузинской части Джавахета (Лебедев и др., 2008), возраст серии оценивается в интервале времени от 3,55 до 1,95 млн. лет, т.е. охватывает поздний плиоцен и гелазий.

Изучавшаяся нами туфогенно-терригенная серия залегает на базальтах и андезито-базальтах указанной серии или вложена в них. В составе серии выделяются толщи дацитовых литокластических туфов, пепла и пемзы гравийно-песчаной, редко галечной размерности. Местами они несут следы водного перемива. Туфогенные породы чередуются с толщами и линзами гравийно-галечного (до валунов) материала, состоящего из обломков вулканических пород. Местами присутствуют тонкозернистые пески и суглинки. Эти отложения квалифицируются как пролювий (до селевых образований), горный аллювий (в русловых и пойменных фациях), реже делювий. Радиоизотопные определения туфов, выполненные U/Pb методом техникой SHRIMP-II, а также Ar-Ar методом, позволяют датировать туфогенно-терригенную серию разными горизонтами калабрия, включая эпизод Олдувэй. В туфах карьера Карахач, подстилающих их гравийно-галечных отложениях и сопоставляемых с ними обломочных отложениях карьера Мурадово В.П. Любин и Е.В. Беляева нашли каменные изделия примитивного и на сегодняшний день древнейшего ашеля. В слоях карьера Куртан 1-3, залегающих выше пепла, датированного как 1.432 млн. лет, эти авторы обнаружили следы каменной индустрии, совмещающие черты раннего и среднего ашеля, а в верхней гравийно-галечной толще карьера Мурадово, с размытом перекрывающей нижележащие толщи – изделия, совмещающие черты среднего и позднего ашеля. В верхней толще карьера Куртан-5 мы обнаружили остатки южного слона, который едва ли мог обитать там после раннего плейстоцена, а в верхах разреза карьера Куртан 1-3 ещё прежде были найдены зубы носорога, датированного в интервале 1.4–0.5 млн. л.н.

Согласно предварительной оценке, туфогенно-терригенная серия формировалась с начала калабрия, а её наиболее молодые толщи могли отлагаться в среднем плейстоцене (после 0.78 млн. л.н.). Судя по найденным остаткам млекопитающих, калабрий (1.8–0.8 млн. л. н.)

характеризовался на изученной территории низкогорными (до ~600 м) равнинными ландшафтами типа саванны с климатом, более тёплым, чем сейчас, и лишённым современных сезонных контрастов. Иначе говоря, за последний ~1 млн. лет территория испытала тектоническое поднятие на 500–1000 м. Мы отобрали 66 проб для палеомагнитных определений, которые смогут уточнить возраст толщ рассматриваемой серии, и около 30 проб для палинологического изучения, которое может пролить свет на климат той эпохи. Геодинамические и геоэкологические реконструкции позволят выяснить историю поднятия территории и условия обитания там древнейшего человека.

Обработка результатов полевых наблюдений 2011 г. в долинах крупных рек Сирии и описанных выше наблюдений в Северной Армении позволила разработать основы комплексной методики датирования и корреляции разрезов плиоцен-четвертичных отложений по геолого-геоморфологическим, палеомагнитным, радиоизотопным, геохимическим, палеонтологическим и археологическим данным.

По форс-мажорным обстоятельствам не удалось осуществить запланированные на 2012 г. полевые работы в Сирии и Зайсанской впадине, примыкающей к горам Алтая. В первом случае этому помешала война, а во втором тяжёлая болезнь главного исполнителя с российской стороны и смерть участника работ с казахской стороны. Зайсанскую впадину предполагается исследовать в 2013 г. другим составом исполнителей.

В рамках раздела (3) обобщены данные по истории горообразования (образования выраженных в рельефе поднятий) на фоне тектонической эволюции Альпийско-Гималайского орогенического пояса с эоцена поныне. Созданы и опубликованы палеотектонические карты для эоцена (~45 млн. л.н., рис. 1), позднего олигоцена (~25 млн. л.н.), среднего миоцена (~18 млн. л.н.) и позднего миоцена (~6 млн. л.н., рис. 2), а также карта плиоцен-четвертичной тектоники центральной части пояса (рис. 3). Показано, что новейшее горообразование в Альпийско-Гималайском поясе развивалось с олигоцена поныне (30–35 млн. лет) в два этапа. В первый этап (олигоцен–миоцен и местами плиоцен) происходил, в целом увеличиваясь по площади, дифференцированный рост отдельных поднятий, обычно не превышавших среднегорных. Во второй этап (последние 5–2 млн. лет) на этот процесс наложилось общее поднятие большей части пояса, отчего скорость вертикальных движений возросла, сформировались современные горные системы, а в сопряжённых впадинах стала накапливаться грубая моласса.

Поднятие поверхности, приводящее к развитию горного рельефа, является изостатической реакцией на разуплотнение верхних оболочек твёрдой Земли. Оно обусловлено тремя факторами: (1) коллизионное сжатие и, как следствие, деформационное утолщение земной коры (складчатость, надвигание и т.п.); (2) частичное замещение мантийной части литосферы менее плотным астеносферным веществом и, как следствие, разуплотнение верхов мантии; (3) ретроградный метаморфизм высоко метаморфизованных коровых по происхождению горных пород внутри коры и вблизи границы «кора–мантия» и, как следствие, их разуплотнение. Как показали выполненный анализ данных сейсмической томографии и построенных сейсмотомографических профилей поперёк и вдоль Альпийско-Гималайского пояса, эти процессы обеспечивались латеральными астеносферными потоками, распространявшимися от длительно развивавшейся зоны восходящего глубинного мантийного потока, проявленного в современной структуре как Эфиопско-Афарский суперплюм.

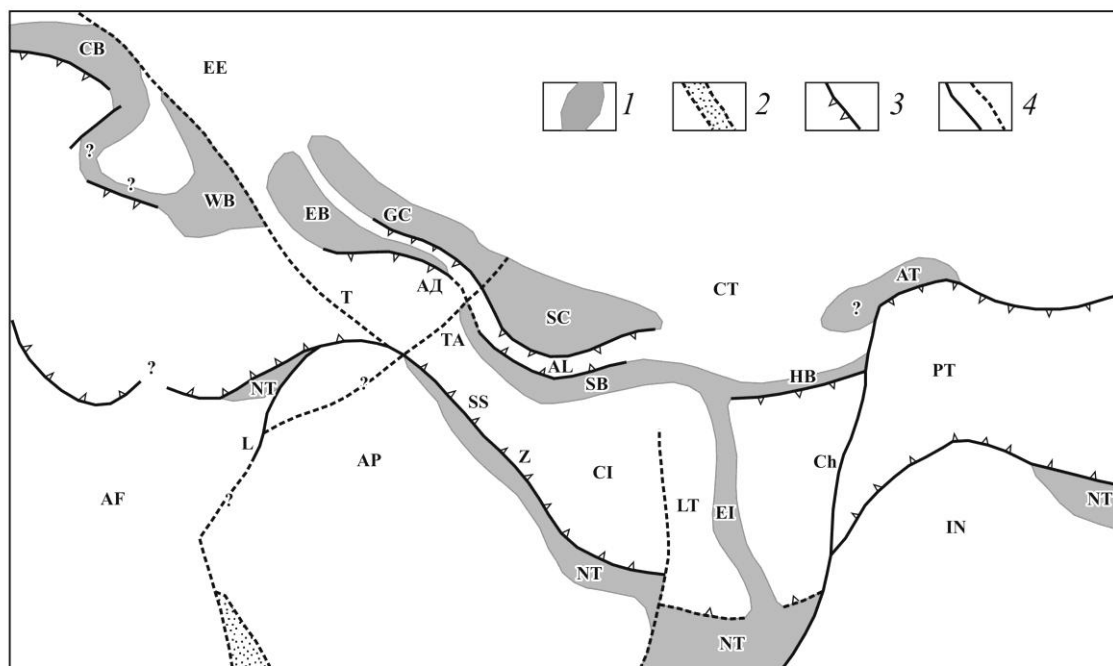


Рис. 1. Принципиальная схема бассейнов с утонённой (субокеанической?) корой в Альпийско-Гималайском поясе в эоцене (~45 млн. л.н.), по данным (Golonka, 2004; Robertson et al., 2004; Greater Caucasus..., 2007; Kaz'min et al., 2010; Trifonov et al., 2012_{1,2}).

1, бассейны с утонённой корой; 2, прото-рифтовый бассейн Красного моря; 3, крупные надвиги и зоны субдукции; 4, крупные трансформные и прочие разломы и их предполагаемые продолжения. AF, Африканская плита; AL, Эльбурс; AP, Аравийская плита; AT, Афгано-Таджикская депрессия; CB, Карпатский бассейн; Ch, прото-Чаманская трансформа; CI, Центрально-Иранская микроплита; EB, Восточно-Черноморский бассейн; EE, Восточно-Европейская платформа; EI, Восточно-Иранский бассейн; GC, бассейн Большого Кавказа; HR, Герирудский бассейн; IN, Индийская плита; L, прото-Левантская трансформа; LT, Лутская микроплита; NT, реликты Неотетиса; PT, Памир и Тибет; SB, Сабзеварский бассейн; SC, Южно-Каспийский бассейн; SS, Санандадж-Сирджанская зона; T, прото-Северо-Анатолийский разлом, продолжающийся разломом Печенега-Камена и линией Тессейре-Торнквиста; WB, Западно-Черноморский бассейн; Z, Главный надвиг Загроста.

Латеральные потоки перемещали отторгнутые фрагменты гондванских плит в сторону Евразии. Коллизия замедлила их сближение, но астеносферные потоки продолжили прежнее движение, достигнув в миоцене северных окраин орогенического пояса. В процессе движения потоки перерабатывали прежнюю верхнюю мантию пояса, включая переходный слой на глубинах 400–700 км, обогащенный источниками флюидов. Дегидратация переходного слоя и обогащение астеносферы источниками флюидов стали причиной ее активности. Воздействие потоков и их флюидов привело к размягчению и тектоническому расслоению литосферы, способствовавшему значительным латеральным перемещениям и утолщению коры в зонах концентрации коллизионного сжатия, т.е. проявлению фактора (1) горообразования, который вызывал формирование локальных поднятий в течение всего олигоцен-четвертичного развития орогенического пояса. На втором этапе развития, в плиоцен-квартере, воздействие астеносферы и астеносферных флюидов инициировало также факторы горообразования (2) и (3), что привело к резкому усилению восходящих движений. На примерах Центрального Тянь-Шаня и Большого Кавказа показано, что усиление горообразования во второй этап было обусловлено в первом случае преимущественно фактором (2), а во втором – фактором (3).

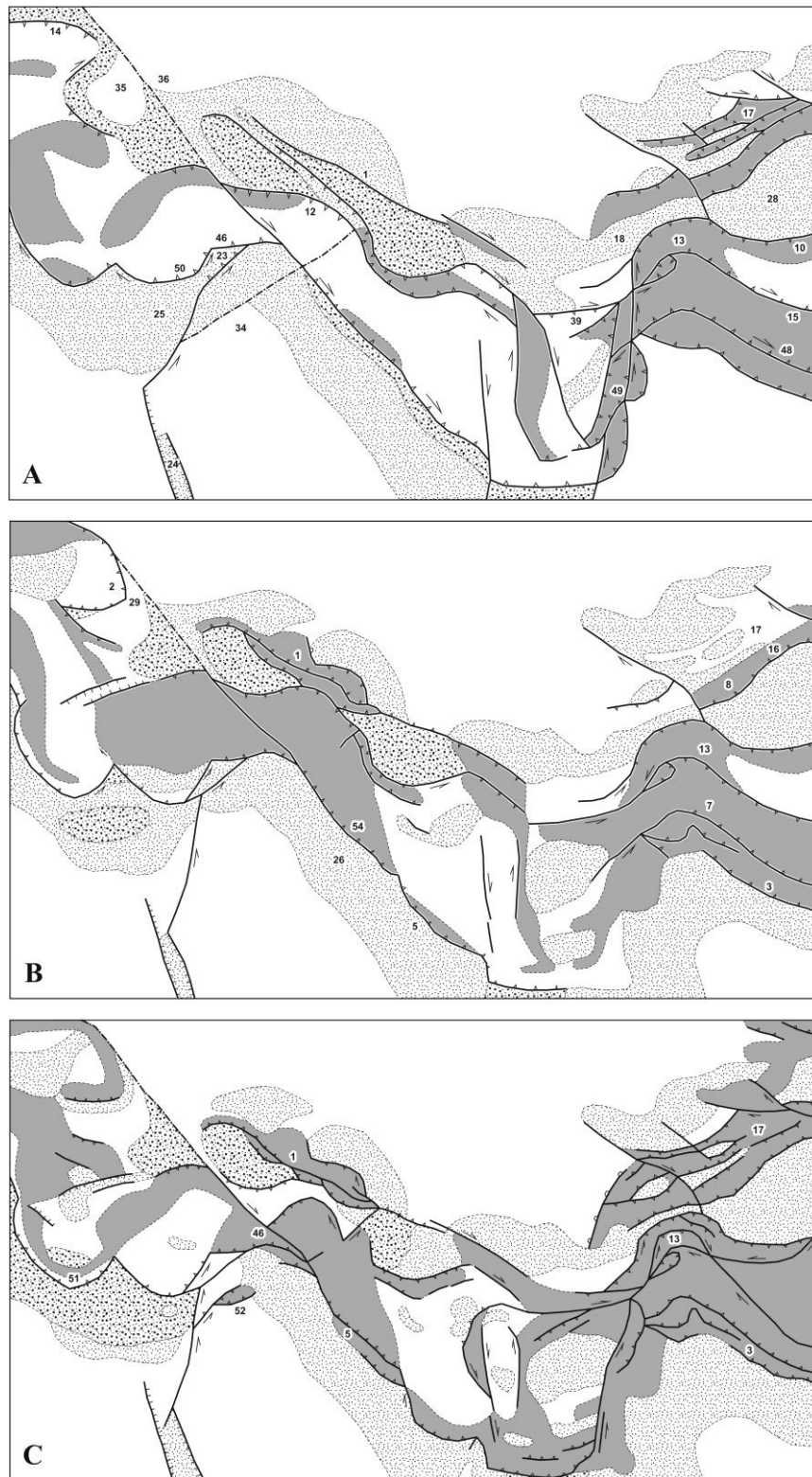


Рис. 2. Принципиальные палеотектонические карты Альпийско-Гималайского пояса для различных стадий этапа 1 горообразования: А, конец олигоцена (~25 млн. л.н.); В, средний миоцен (~18 млн. л.н.); С, мессиний (~6 млн. л.н.); построены с использованием данных (Artyushkov et al., 1996; Bachmanov et al., 2009; Bazhenov, Burtman, 1990; Golonka, 2004; Greater Caucasus..., 2007; Ivanova, Trifonov, 2005; Kaz'min et al., 2010; Kopp, Shcherba, 1993; Robertson et al., 2004; Rukieh et al., 2005; Searle, 1996; Tapponier et al., 1981; Trifonov et al., 2012₂). Условные обозначения см. на рис. 3.

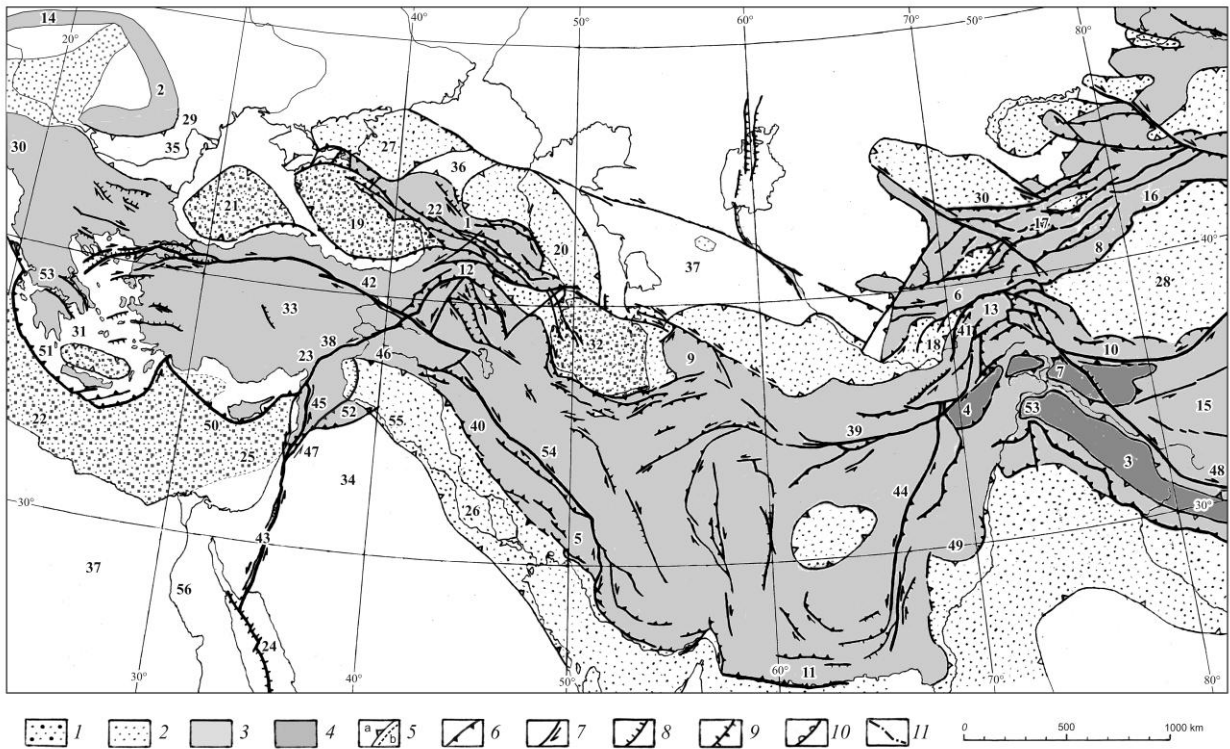


Рис. 3. Плиоцен-четвертичная структура Альпийско-Гималайского пояса от Восточного Средиземноморья до Центральной Азии

1, впадины с субокеанической корой; 2, крупные впадины с континентальной корой; 3, горы (на рис. 3) и возвышенности до 1.5 км (на рис. 2); 4, высочайшие горы; 5, границы гор и впадин: (а) на рис. 3, (б) на рис. 2; 6–10, разломы (крупнейшие из них показаны утолщёнными линиями на рис. 3): 6, надвиг или взброс, 7, сдвиг, 8, сброс, 9, раздвиг, 10, флексура; 11, линеаменты Тессейре-Торнквиста и Пальмиро-Апшеронский. *Горы:* (1) Большой Кавказ, (2) Восточные Карпаты, (3) Гималаи, (4) Гиндукуш, (5) Загрос, (6) Западный Тянь-Шань, (7) Каракорум, (8) Кокшаал, (9) Копетдаг, (10) Кунлунь, (11) Макран, (12) Малый Кавказ, (13) Памир, (14) Северные Карпаты, (15) Тибет, (16) Хан-Тенгри, (17) Центральный и Восточный Тянь-Шань, (22) Эльбрус, (30) Динариды, (45) Береговой хребет, Сирия, (47) Ливанский хребет; *впадины:* (18) Афгано-Таджикская, (19) Восточно-Черноморская, (20) Терско-Дербентская, (21) Западно-Черноморская, (23) Мисис-Андирис (палео-бассейн), (24) Красного моря (рифт), (25) Левантинская, (26) Месопотамская, (27) Азово-Кубанская, (28) Таримская (микроплита), (29) Фокшанская (часть Предкарпатского прогиба), (31) Эгейская, (32) Южно-Каспийская; *платформы:* (33) Анатолийская (34) Аравийская, (35) Мизийская, (36) Скифская, (37) Африканская; *зоны разломов:* (38) Восточно-Анатолийская, (39) Гератская, (40) Главный современный разлом Загроса, (41) Дарвазская, (42) Северо-Анатолийская, (43) Трансформа Мёртвого моря, (44) Чаманская, (46) Южно-Таврская; *тектонические зоны:* (48) Инда-Цангпо, (49) Кветты, (50) Кипрская дуга, (51) Крито-Эллинская дуга, (52) Пальмириды, (53) Эллиниды, (54) Санандадж-Сирджанская; *реки:* (55) Евфрат, (56) Нил.

Полученные результаты изложены в серии публикаций 2012 г., в том числе, в трёх статьях в реферируемых журналах «Геотектоника» и «Геология и геофизика».

По разделу (4) актуализирована база данных об активных разломах Закавказья и Восточного Средиземноморья; усовершенствована ГИС-система сопоставления активных разломов с космическими изображениями, моделями рельефа, геологической и иной графической информацией.