

Промежуточный отчет 2018 по Проекту РФФИ 17-05-00727

Поперечная неотектоническая сегментация Альпийско-Гималайского коллизийного пояса: сопоставление Аравийско-Кавказского и Ирано-Каспийского сегментов и их сравнение с другими сегментами пояса

КРАТКИЙ НАУЧНЫЙ ОТЧЕТ

В ходе научных командировок участников проекта в Иран для изучения неотектоники и новейших отложений хр. Эльбурс и южного побережья Каспия установлено, что на значительной части побережья в районе г. Решт и восточнее Эльбурс лишён низких предгорий, и четвертичные морские отложения находятся примерно на уровне моря или ниже. Это доказывает, что в это время впадина Каспия расширялась за счёт Северного Эльбурса и активно опускалась. Два пересечения через Эльбурс показали, что юрские отложения северного крыла этого складчато-надвигового горного сооружения имеют сходство с разновозрастными отложениями Большого Кавказа.

Возможно, в нижне-среднеюрское время они формировались на южном борту прогиба, осевая часть и северный склон которого представлены отложениями Большого Кавказа. В осевой зоне Эльбурса вскрыты палеозойские породы, а на южном склоне присутствуют угленосные тонкообломочные юрские отложения, характерные и для более южных районов Ирана.

Выполнено обобщение данных и сопоставление выявленной геолого-геофизическими методами верхнекоревой тектонической зональности и сегментации центральной части Альпийско-Гималайского пояса и сопредельных регионов с неоднородностями верхней мантии. Исследовались 12 продольных и поперечных скоростных разрезов мантии по продольным (Р) волнам, построенных по разработанной программе на основе объемной сейсмотомографической модели MIT-P08. Разрезы охватывают часть пояса от Адриатики и Карпат до Западного Тянь-Шаня, Памира и Западных Гималаев, а также соседние с поясом территории Восточно-Африканской рифтовой системы, Аравийской, Туранской, Скифской плит и Восточно-Европейской платформы. Используемая модель сейсмотомографических данных ориентирована, прежде всего, на исследование неоднородностей верхней мантии, поскольку детальность дифференциации по скоростям продольных волн в ней выше, чем в нижней мантии. Анализ построенных разрезов позволил определить направления низкоскоростных (т.е. характеризующихся пониженными скоростями Р волн) верхнемантийных потоков разной интенсивности, распространяющихся в северных румбах от Эфиопско-Афарского суперплюма, сочетания этих потоков с высокоскоростными объёмами, погруженными в мантию в результате субдукционных и коллизийных межплитных взаимодействий, и глубинные проявления поперечной сегментации пояса.

Среди элементов поперечной сегментации пояса в скоростной структуре верхней мантии наиболее контрастно проявлены границы Анатолийско-Ирано-Кавказского мегасегмента с соседними мегасегментами, Альпийско-Адриатическим и Памиро-Тибет-Гималайским. Менее контрастны границы между сегментами пояса внутри Анатолийско-Ирано-Кавказского мегасегмента, причём местами эти границы отличаются от тех, которые выделены по геолого-геофизическим данным о новейшей структуре земной коры. Так, строение верхней мантии под Лутским массивом обнаруживает сходство с Афгано-Таджикским, а не Ирано-Каспийским сегментом, как следовало бы из геологических данных. Севернее Трансформы Мёртвого моря, которая на юге является западной границей Аравийско-Кавказского сегмента, эта граница на подлитосферном уровне разделяет насыщенную потоками верхнюю мантию Восточной Анатолии и более высокоскоростную верхнюю мантию Западной Анатолии. Севернее граница следует вдоль юго-западного подножья вала Андрусова-Архангельского и смыкается с линией Тейсейра-Горнквиста. Такое положение границы сегмента отражает единство его тектонических зон, в частности Горного Крыма и Большого Кавказа.

Полученные результаты опубликованы в статье В.Г. Трифонова и С.Ю. Соколова «Строение мантии и тектоническая зональность центральной части Альпийско-Гималайского пояса» (Геодинамика и тектонофизика, 2018, т. 9, № 4, с. 1127–1145). Более детальная сегментация земной коры Крымско-Кавказского региона рассмотрена в статье Я. И. Трихункова, Д. М. Бачманова, О. В. Гайдаленок, А. В. Маринина и С. А. Соколова «Новейшее горообразование в зоне сочленения Северо-Западного Кавказа и Керченско-Таманской области», представленной для опубликования в журнал «Геотектоника».

РАЗВЕРНУТЫЙ НАУЧНЫЙ ОТЧЕТ

Заявленные цели Проекта

В заявке на выполнение данного проекта РФФИ задачи работ 2018 г. определялись так: количественная оценка соотношений коллизионных смещений и деформаций с амплитудами вертикальных горообразующих смещений в Аравийско-Кавказском и Ирано-Каспийском сегментах; анализ сейсмотомографических данных о строении мантии под различными сегментами Альпийско-Гималайского орогенического пояса (АГП); экспедиционные работы участников проекта в Крыму для оценки различия структурных проявлений новейших движений в Горном Крыму и Керченской зоне и характера границ между ними; обработка полученных материалов. За 2017 год перечень задач на 2018 год уточнился. Отпала необходимость финансирования работ в Керченско-Таманской зоне, поскольку предполагается, что оно будет осуществлено за счёт средств гранта РФФИ. Вместе с тем, возникла необходимость финансирования работ в Эльбурсе, Иран. В итоге, в 2018 г. предполагается решить следующие задачи:

(1) Проанализировать мезозойско-кайнозойское развитие Анатолийско-Крымского, Аравийско-Кавказского и Ирано-Каспийского сегментов АГП на предмет определения проявлений поперечной сегментации в разные геологические эпохи.

(2) Оценить и сравнить соотношения коллизионных смещений и деформаций с амплитудами вертикальных горообразующих смещений в Анатолийско-Крымском, Аравийско-Кавказском и Ирано-Каспийском сегментах.

(3) Проанализировать проявления указанной сегментации АГП в активной тектонике и, прежде всего, структурном рисунке и кинематике активных разломов.

(4) Проанализировать сейсмотомографические данные о строении мантии под различными сегментами АГП и их соотношения со строением земной коры сегментов.

(5) Осуществить научные командировки участников проекта в Иран с целью проведения полевых работ в Эльбурсе и его предгорьях на предмет выявления неотектонических отличий этой части Ирано-Каспийского сегмента от структур Аравийско-Кавказского сегмента АГП. Пункт (5) будет выполняться только в случае подтверждения иранской стороной согласия на проведение этих работ.

Полученные за период, на который предоставлен грант, результаты с описанием методов и подходов, использованных при реализации Проекта (описать, уделив особое внимание степени оригинальности и новизны)

Полученные за 2018 год результаты

(1) Проанализировано мезозойско-кайнозойское развитие Анатолийско-Крымского, Аравийско-Кавказского и Ирано-Каспийского сегментов Альпийско-Гималайского пояса на предмет определения проявлений поперечной сегментации в разные геологические эпохи. На основе анализа геолого-геофизических данных о центральной части Альпийско-Гималайского пояса, характеризующих строение и развитие земной коры и, отчасти, мантийной части литосферы, установлено, что большую часть этой обширной территории занимает Анатолийско-Иранско-Кавказский мегасегмент, который по истории развития и строению отличается от соседних мегасегментов, более западного Альпийско-Адриатического и более восточного Памиро-Тибет-Гималайского. Анатолийско-Ирано-Кавказский мегасегмент разделяется на сегменты с нечёткими структурными границами: Эгейско-Балканский, Анатолийско-Черноморский, Аравийско-Кавказский, Ирано-Каспийский и Афгано-Таджикский. Эти результаты в кратком виде представлены в статье [Трифонов, Соколов, 2018]. Более подробный анализ мезозойско-кайнозойской тектонической зональности и истории её формирования будет завершён в 2019 г. после обработки материалов по району хр. Эльбурс (Северный Иран).

Значимое влияние на формирование сегментации оказали мощность земной коры и степень её сиализации на северных обрамлениях тех или иных участков пояса. Этот фактор мог быть решающим в поперечной сегментации складчатого пояса Загроса и Горного Крыма – Керченско-Таманской области – Большого Кавказа. Примером изучения такой более детальной сегментации крупных тектонических зон являются исследования границы Большого Кавказа и Керченско-Таманской складчатой области, предпринятые в 2018 г. Я.И. Трихунковым, Д.М. Бачмановым, О.В. Гайдаленко, А.В. Марининым и С.А. Соколовым. Ими рассмотрено строение и новейшее развитие краевого сегмента горно-складчатого сооружения Северо-Западного Кавказа в зоне сочленения со структурами Керченско-Таманского периклинального прогиба. Проведен морфоструктурный анализ

с использованием цифровых моделей рельефа и полевых геолого-геоморфологических и тектонофизических данных. Установлено, что складчато-разрывные морфоструктуры Северо-Западного Кавказа продолжают на запад в сторону горного сооружения Крыма морфоструктурами промежуточной Керченско-Таманской области и развиваются в единой с ними обстановке сжатия. В западном направлении вектор сжатия меняется с северо-восточного на меридиональный, вызывая переориентировку осей линейных морфоструктур с субкавказского направления на широтное.

Изменение вектора сжатия произошло в плиоцен–четвертичное время и привело к перестройке структурного плана региона. Доплиоценовые поперечные разрывные структуры северо-восточного простирания уступили место меридиональным поперечным зонам – Анапско-Джигинской и впервые выделенной авторами Абрауской. Абрауская зона в сравнении с Анапско-Джигинской значительно активнее проявляет себя на плиоцен–четвертичном этапе горообразования. Она имеет отчетливые признаки сбросо-раздвиговой кинематики с амплитудой опускания западного крыла минимум на 500–600 м за плиоцен-четвертичный этап. Граница между Северо-Западным Кавказом и Керченско-Таманской областью не может соотноситься с линией какого-либо единственного разлома. Она имеет диффузный характер, представляет собой участок складчатого сооружения существенной ширины и образована системой разобщенных и разновозрастных разломов. Рассмотрены возможные причины перестройки структурного плана региона и латеральной миграции активности поперечных к орогену разломов, отражающих стадийность геодинамического развития области сочленения. Статья указанных авторов «Новейшее горообразование в зоне сочленения Северо-Западного Кавказа и Керченско-Таманской области» представлена для опубликования в журнал «Геотектоника».

(2) Анализировались данные об амплитудах вертикальных горообразующих смещений на Малом Кавказе. На западе Ширакской впадины, охватывающей СЗ Армению в районе г. Гюмри и сопряжённую часть СВ Турции, исследован разрез Демиркент. Этот 90-метровый разрез находится на южном борту впадины в приграничной части Турции и сложен глинами, алевролитами и тонкозернистыми песками. В нижней части разреза обнаружены солоновато-водные диноцисты раннеакчагыльского (поздний плиоцен) облика. Присутствие диноцист в нескольких слоях исключает их случайное появление. Нормальная намагниченность разреза подтвердила его позднеплиоценовый возраст. Сейчас слои с диноцистами находятся на высоте ~1500 м. Уровень максимальной акчагыльской трансгрессии, если и был выше современного уровня мирового океана на величину до 100 м в конце плиоцена, то сравнялся с ним к началу плейстоцена (2.58 млн. лет назад). Следовательно, западная часть Ширакской впадины поднялась за четвертичное время на 1400–1500 м. Сопоставление Демиркентского разреза с разрезом скважины 12 возле Мармашенского монастыря, где, вероятно, присутствуют морские акчагыльские отложения [Саядян, 2009], позволяет предположить, что 170 м из этого поднятия обусловлено смещением по Ахурянскому разлому. В своей большей части разлом простирается на ССВ и характеризуется левосдвиговой кинематикой, но вблизи с. Демиркент отклоняется к северу от генерального направления и приобретает вертикальную компоненту смещений (рис. 1 в Приложении 1). Остальные ~1300 м поднятия обусловлены общим воздыманием Малого Кавказа со скоростью ~0.5 мм/год.

В расположенных севернее Верхнеахурянской и Лорийской впадинах СЗ Азмении исследовались современное высотное положение куртанской свиты (верхний калабрий – низы среднего плейстоцена до 0.6 млн. лет), отлагавшейся застойными водами, и флексурные деформации подстилающих её нижнеплейстоценовых базальтовых андезитов. Выявленные деформации показывают, что четвертичное поднятие региона ускорилось в последние 0.6 млн. лет. Западная часть Лорийской впадины поднялась относительно среднего течения р. Дебед (г. Алаверди) на ~900 м, а Верхнеахурянская впадина – ещё на 200 м. Соседние Джавахетский и Базумский хребты поднялись, как минимум, на 1230–1400 м. Таким образом, средние скорости поднятия достигли 1.5–1.8 мм/год в указанных впадинах и 2.0–2.3 мм/год в соседних хребтах.

Выявленное общее поднятие Ширакской, Верхнеахурянской и Лорийской впадин и их горных обрамлений едва ли связано с коллизионными смещениями и деформациями, поскольку в общей конфигурации и четвертичной структуре этих впадин отсутствуют признаки решающего влияния крупных позднекайнозойских разломов, возникших на поздней стадии коллизии в Аравийско-Кавказском регионе. Вместе с тем, длительное развитие впадин сопровождалось вулканизмом на их обрамлениях. Синхронность опускания впадин и вулканизма на их обрамлениях могут указывать на генетическую связь впадин с мантийными перемещениями и преобразованиями, отразившимися в вулканизме [Трифонов и др., 2017; Трифонов, 2017]. Поэтому можно полагать, что интенсивное

четвертичное поднятие Малого Кавказа связано не столько с коллизионным взаимодействием плит и блоков литосферы, сколько с глубинными преобразованиями под воздействием латеральных подлитосферных потоков, распространявшихся от Эфиопско-Афарского суперплюма (см. раздел (4) данного отчёта).

Результаты выполненного исследования докладывались на совещаниях INQUA-SEQS в г. Постойна (Словения, сентябрь 2018 г.) и “30 years after the Spitak Earthquake: Experience and Perspectives” в г. Ереване (Армения, декабрь 2018 г.).

(3) Для уточнения и интерпретации новейшей структуры Крыма, Большого и Малого Кавказа и Эльбурса использовались данные об активных разломах, содержащиеся в Новой базе данных об активных разломах Евразии. Её часть, охватывающая территории России и сопредельных стран, отредактирована и приведена к единому формату, описанному в статье [Бачманов и др., 2017] в рамках работ по проекту РНФ № 17-17-01073.

(4) Для оценки выражения сегментации центральной части Альпийско-Гималайского пояса в структуре подлитосферной верхней мантии и соотношения этих верхнемантийных неоднородностей с сегментацией пояса на уровне земной коры В.Г. Трифонов и С.Ю. Соколов составили и исследовали 12 продольных и поперечных к простираению пояса скоростных разрезов мантии. На разрезах, построенных на основе объемной сейсмотомографической модели вариаций скоростей продольных (Р) волн MIT-P08 [Li et al., 2008], отражены отклонения скоростей Р-волн от среднего значения первого приближения (δV_p), заданные в (%). Модель MIT-P08 ориентирована, прежде всего, на исследование неоднородностей верхней мантии, поскольку детальность дифференциации по скоростям продольных волн в ней выше, чем в нижней мантии. Для построения разрезов в произвольных, заданных авторами направлениях использовалась оригинальная, разработанная С.Ю. Соколовым программа. Разрезы охватывают часть пояса от Адриатики и Карпат до Западного Тянь-Шаня, Памира и Западных Гималаев, а также соседние с поясом территории Восточно-Африканской рифтовой системы, Аравийской, Туранской, Скифской плит и Восточно-Европейской платформы. Столь детальное сопоставление сейсмотомографических данных о строении верхней мантии и геолого-геофизических данных о строении земной коры выполнено авторами впервые.

Анализ построенных разрезов позволил определить положение и направления низкоскоростных (т.е. характеризующихся пониженными скоростями Р волн) верхнемантийных потоков разной интенсивности, распространяющихся в северных румбах от сложно построенного и, в целом, меридионально удлинённого Эфиопско-Афарского суперплюма, и сочетание этих потоков с высокоскоростными объёмами, погруженными в мантию в результате субдукционных и коллизионных межплитных взаимодействий. Мощный поток от суперплюма прослеживается до Южной Аравии, где разветвляется. Его западная ветвь следует от Южной Аравии севернее Красного моря в Сирию, а восточная идёт в Иран. Севернее западная ветвь вновь разветвляется. Один поток продолжается на север и достигает Большого Кавказа и Керченско-Таманской области, где утоняется. Вероятно, он поворачивает на запад и в утонённом виде прослеживается под Чёрным морем и к западу от него, достигая Карпат. Причиной поворота, по-видимому, является высокоскоростной структурный барьер Скифской плиты и Восточно-Европейской платформы. Более южное ответвление западного потока следует до Центральной Турции, но западнее прерывается относительно высокоскоростными объёмами верхней мантии, т.е. в Грецию и Италию не продолжается. Ещё более южное ответвление западной ветви потока уходит под Средиземное море, откуда потоки с пониженными значениями δV_p поступают в Альпийскую Европу. Иранская ветвь подлитосферного потока достигает Среднего Каспия и севернее деградирует. Восточное ответвление Иранской ветви уходит на севере до Копетдага, а на востоке достигает границы Пакистана и Афганистана. В Афганистане поток выражен фрагментарно. Над наиболее интенсивными потоками, а также под Центральным и Восточным Кавказом мощность литосферы сокращается до ~80 км, и она характеризуется пониженными значениями δV_p .

Выделяются области субдуцированных слэбов с повышенными значениями δV_p . Они соответствуют зонам субдукции разных эпох мезозоя и кайнозоя и зонам скопления очагов промежуточных землетрясений. Такие области обнаружены:

- под Западными Динаридами – до 300 км, наклонена на восток; возможно, соответствует зоне позднекайнозойской субдукции;

- под западной частью Крито-Эллинской дуги – до 700 км, наклонена на восток, соответствует зоне современной субдукции;
- в зоне Вранча – до 150–200 км, круто наклонена на восток, к ней приурочен мегаочаг промежуточных землетрясений;
- под Кипром и к югу от Понтид юго-западнее г. Синопа – первая из зон выделяется на глубинах 100–300 км и наклонена на север, а вторая прослеживается почти от поверхности и наклонена на юг; на глубине зоны сходятся, достигая ~500 км;
- под Загросом – до 150 км в районе г. Керманшаха и до 250 км вблизи границы провинций Дезфул и Фарс; в обоих участках позднекайнозойский слэб наклонён на северо-восток, но на юге от него на глубинах 100–200 км отходит на северо-восток короткая линза со слабо повышенными значениями δV_p ;
- севернее Макрана – на глубинах 200–700 км, наклонена на север; возможно, соответствует кайнозойской зоне субдукции.

Под Центральным Кавказом на глубинах 370–700 км впервые выявлен относительно высокоскоростной объём пододвинутой Скифской плиты, который далее к югу фрагментарно продолжается ещё ниже под Малый Кавказ. На разрезе через Керченско-Таманскую складчатую область такого пододвигания не выявлено, а на разрезе через Восточный Кавказ оно выражено слабо изолированным объёмом относительно высокоскоростной мантии на глубинах 350–500 км. С указанным поддвигом Скифской плиты может быть связано аномальное воздымание Центрального Кавказа в киммерийскую эпоху складчатости, приведшее к выходу в этом сегменте палеозойского фундамента на земную поверхность.

Вместе с тем, под Нижне-Куриной впадиной на глубинах до 150–170 км выделяется слэб, наклонённый на северо-восток. Он примерно соответствует зоне Кюрдамир–Саатлы, где выявлен гравитационный максимум, а разрез Саатлинской сверхглубокой скважины глубже 3540 м до забоя 8324 м сложен вулканогенными породами островодужного типа, состав которых изменяется снизу вверх антидромно от дацитов и андезитов до базальтов. Наиболее представительные Rb-Sr и K-Ar даты вулканитов и единичные находки радиолярий в туффите охватывают интервал времени от средней юры до раннего мела, причём наиболее многочисленны и достоверны позднеюрские даты. Возможно, этот слэб соответствует зоне средне-верхнеюрской субдукции Мезотетиса, завершившейся коллизией в раннем мелу [Саатлинская сверхглубокая, 2000].

На границе с Памиро-Тибет-Гималайским мегасегментом содержание относительно высокоскоростных верхнемантийных объёмов возрастает. Обширный объём с повышенными значениями δV_p выделяется на глубинах до 250 км под севером Афганистана юго-западнее Афгано-Таджикской депрессии. Восточнее Гиндукушский мегаочаг промежуточных землетрясений выражен круто наклонённым на восток высокоскоростным клином глубиной до 600 км. От мегаочага на восток, под Центральный Памир, куда продолжается Памиро-Гиндукушская зона промежуточных землетрясений, протягивается высокоскоростной слой на глубинах 100–320 км. Южнее, под Бадахшаном, из-за наличия высокоскоростных объёмов поток с пониженными значениями δV_p сокращается в мощности и огибает эти объёмы на больших или меньших глубинах. Далее к югу наклонённый на восток высокоскоростной объём глубиной до 400 км выявлен под северо-западным флангом Индийской платформы (северное окончание зоны Кветта). От него отходит на восток высокоскоростной слой на глубинах 100–300 км.

Таким образом, в виде слэбов выделяются не только мантийные сейсмофокальные зоны типа Вранча и Гиндукуша, современные зоны субдукции и подобные образования Неотетиса (Крито-Эллинская дуга, Главный надвиг Загроса, северное окончание зоны Кветта на северо-западе Индийской платформы), но и некоторые мезозойские зоны субдукции. Таковы Кюрдамир-Саатлинская зона в Азербайджане, область Юго-Восточного Ирана и, вероятно, Западного Пакистана севернее Макрана и область внутри Карпатской дуги, погребённая под верхнемантийным потоком и выделяемая на глубинах 400–750 км. Особая разновидность слэба связана с пододвиганием Скифской плиты под Большой Кавказ, вероятно, произошедшим в киммерийскую эпоху складчатости. Вместе с тем, некоторые важные зоны субдукции Неотетиса (например, зона Таврского надвига) не находят отражения в структуре верхней мантии, будучи переработаны интенсивным верхнемантийным потоком с пониженными значениями δV_p .

Среди элементов поперечной сегментации пояса в скоростной структуре верхней мантии наиболее контрастно проявлены границы Анатолийско-Ирано-Кавказского мегасегмента с соседними мегасегментами, Альпийско-Адриатическим и Памиро-Тибет-Гималайским. Поскольку

граница с Памиро-Тибет-Гималайским мегасегментом отмечена появлением значительных объёмов верхней мантии с повышенными значениями δV_p , проникновение потоков в этот мегасегмент с запада представляется ограниченным. Основные потоки распространяются туда от Эфиопско-Афарского суперплюма с юга, проходя под Индийским океаном и Индийским микроконтинентом [Соколов, Трифонов, 2012].

Менее контрастны границы между сегментами пояса внутри Анатолийско-Ирано-Кавказского мегасегмента, причём местами эти границы отличаются от тех, которые выделены по геолого-геофизическим данным о новейшей структуре земной коры. Так, строение верхней мантии под Лутским массивом обнаруживает сходство с Афгано-Таджикским, а не Ирано-Каспийским сегментом, как следовало бы из геологических данных. Севернее Трансформы Мёртвого моря, которая на юге является западной границей Аравийско-Кавказского сегмента так на коровом, так и на мантийном уровнях, эта граница на подлитосферном уровне разделяет насыщенную потоками верхнюю мантию Восточной Анатолии и более высокоскоростную верхнюю мантию Западной Анатолии. Севернее граница следует вдоль юго-западного подножья вала Андрусова-Архангельского, где отмечена возрастанием к западу мощности литосферы. Далее граница проявляется в Добрудже, где примерно под зоной Вранча на глубинах 400–750 км находится восточное окончание высокоскоростного объёма, который обнаружен под Карпатской дугой и Паннонской впадиной и, возможно, отражает положение раннеальпийского слэба, частично разрушенного подлитосферным потоком. Севернее граница смыкается с линией Тейсейра-Торнквиста. Такое положение западной границы Аравийско-Кавказского сегмента указывает на единство его тектонических зон, в частности, в пределах Горного Крыма и Большого Кавказа.

Полученные результаты отражают взаимосвязь тектонических процессов в литосфере и подлитосферной верхней мантии и глубинную природу сегментации Альпийско-Гималайского пояса. Результаты опубликованы в статье В.Г. Трифонова и С.Ю. Соколова «Строение мантии и тектоническая зональность центральной части Альпийско-Гималайского пояса» (Геодинамика и тектонофизика, 2018, т. 9, № 4, с. 1127–1145; статья приложена к форме 509).

(5) С 29.09 по 15.10.2018 Е.А. Зеленин, А.Н. Симакова, В.Г. Трифонов, Я.И. Трихунков и П.Д. Фролов осуществили научную командировку в Иран. В течение командировки, совместно с иранским геологом Х. Хессами, было исследовано южное побережье Каспийского моря от г. Решта до г. Горгана и выполнены два пересечения хр. Эльбурс. Установлено, что на значительной части побережья в районе г. Решт Эльбурс лишён низких предгорий, и четвертичные морские отложения находятся примерно на уровне моря или ниже. Это доказывает, что в четвертичное время впадина Каспия расширялась за счет этой части Северного Эльбурса и активно опускалась. Южнее г. Решта, в высоких предгорьях, описаны и опробованы разрезы флювиальных четвертичных отложений, а южнее г. Рудбар, во впадине Маджул – плиоценовых озёрных отложений. Северный борт впадины Маджул нарушен зоной разломов с образованием терригенного меланжа.

В более восточных участках побережья, к востоку от г. Баболь наблюдались просто построенные предгорные складки, сложенные сарматскими (средний-верхний миоцен) отложениями. Они несогласно перекрыты аллювиальными четвертичными конгломератами, в основании которых выделяется пачка терригенно-карбонатных пород предположительно морского генезиса (рис. 2 в Приложении 1). Конгломераты местами нарушены разломами (рис. 3 в Приложении 1). Далее к востоку всё большую роль в разрезах четвертичных отложений приобретают лёссы, достигающие мощностей 20–30 м в окрестностях г. Горгана (рис. 4 в Приложении 1).

Два пересечения через Эльбурс показали, что юрские отложения северного крыла этого складчато-надвигового горного сооружения имеют сходство с одновозрастными отложениями Большого Кавказа (рис. 5 в Приложении 1). Возможно, в нижне-среднеюрское время они формировались на южном борту прогиба, северный склон и осевая часть которого представлены, соответственно, отложениями Большого Кавказа и его южного склона. В осевой зоне Эльбурса вскрыты метаморфизованные палеозойские породы, а на южном склоне присутствуют угленосные тонкообломочные юрские отложения, характерные и для более южных районов Ирана.

Полученные при выполнении научной командировки палеомагнитные, палинологические и палеонтологические материалы в настоящее время обрабатываются.

Литература к разделу

- Бачманов Д.М., Кожурин А.И., Трифонов В.Г. База данных активных разломов Евразии // Геодинамика и тектонофизика. 2017. Т. 8. № 4. С. 711–736. DOI: 10.5800/GT-2017-8-4-0314.
- Саатлинская сверхглубокая (СГ–1) / под ред. А. Ализаде и В.Е. Хаина. Баку: Нафта-Пресс, 2000. 288 с.
- Саядян Ю.В. Новейшая геологическая история Армении. Ереван: Гитутюн, 2009. 357с.
- Соколов С.Ю., Трифонов В.Г. Роль астеносферы в перемещении и деформации литосферы (Эфиопско-Афарский суперплюм и Альпийско-Гималайский пояс) // Геотектоника. 2012. № 3. С. 3–17. DOI: 10.1134/S0016852112030053.
- Трифонов В.Г. Неотектоника подвижных поясов. М.: ГЕОС, 2017. 180 с. (Тр. ГИН, вып. 614).
- Трифонов В.Г., Шалаева Е.А., Саакян Л.Х., Бачманов Д.М., Лебедев В.А., Трихунков Я.И., Симакова А.Н., Авагян А.В., Тесаков А.С., Фролов П.Д., Любин В.П., Беляева Е.В., Латышев А.В., Ожерельев Д.В., Колесниченко А.А. Четвертичная тектоника новейших впадин Северо-Западной Армении // Геотектоника. 2017. № 5. С. 42–64.
- Li C., van der Hilst R.D., Engdahl E.R., Burdick S., 2008. A new global model for P wave speed variations in Earth's mantle // *Geochemistry Geophysics Geosystems* G3, 9 (5), 1–21; doi:10.1029/2007GC001806.

Участие в научных мероприятиях по тематике Проекта

Участие В.Г. Трифонова в Международной конференции “30 years after the Spitak earthquake: experience and perspectives” («30 лет после Спитакского землетрясения: уроки и перспективы»), Ереван, Армения, 3–7 декабря 2018 г. с докладом «Marine Akchaghylian deposits of Caspian type in the western Shirak Basin and intensive Quaternary uplift in Armenian Highland» by Trifonov, V.G., Simakova, A.N., Çelik, H., Trikhunkov, Ya.I., Shalaeva, E.A., Frolov, P.D., Aleksandrova, G.N., Zelenin, E.A., Tesakov, A.S., Bachmanov, D.M., Latyshev, A.V., and Sokolov, S.A. (Трифонов В.Г., Симакова А.Н., Челик Х., Трихунков Я.И., Шалаева Е.А., Фролов П.Д., Александрова Г.Н., Зеленин Е.А., Тесаков А.С., Бачманов Д.М., Латышев А.В., Соколов С.А. «Морские акчагыльские отложения каспийского типа на западе Ширакской впадины и интенсивное четвертичное поднятие Армянского нагорья»).

ПУБЛИКАЦИИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ПРОЕКТА

Трифонов В.Г., Соколов С.Ю. Строение мантии и тектоническая зональность центральной части Альпийско-Гималайского пояса // Геодинамика и тектонофизика. 2018. Т. 9. № 4. С. 1-19 (1127–1145)

Аннотация: Альпийско-Гималайский орогенический пояс характеризуется продольной зональностью и поперечной сегментацией. Для сопоставления с этими коровыми неоднородностями, выраженными в геологических структурах, составлены и проанализированы разрезы отклонений скоростей сейсмических Р-волн от средних значений в мантии, построенные на основе объемной сейсмотомографической модели. Разрезы охватывают центральную часть пояса от Адриатики до Западного Тянь-Шаня, Памира и Западных Гималаев, а также соседние с поясом территории Восточно-Африканской рифтовой системы, Аравийской, Туранской, Скифской плит и Восточно-Европейской платформы. Используемая модель сейсмотомографических данных ориентирована, прежде всего, на исследование неоднородностей верхней мантии, поскольку детальность дифференциации по скоростям продольных волн в ней выше, чем в нижней мантии. Анализ построенных разрезов позволил определить направления относительно низкоскоростных (с пониженными скоростями сейсмических волн) верхнемантийных потоков разной степени интенсивности, распространяющихся в северных румбах от Эфиопско-Афарского суперплюма, сочетания этих потоков с высокоскоростными объемами, погруженными в мантию в результате субдукционных и коллизионных межплитных взаимодействий, и глубинные проявления поперечной сегментации пояса.

Ссылка на веб-страницу публикации на сайте издателя:

<https://www.gt-crust.ru/jour/article/view/669/407>

ЗАЯВКА НА СЛЕДУЮЩИЙ ГОД РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТА

Задачи Проекта, которые должны быть решены в следующем году

В заявке на выполнение данного проекта РФФИ задачи работ 2019 г. определялись так: обобщение данных об основных параметрах и причинах поперечной делимости центральной части Альпийско-Гималайского пояса (АГП) путём сопоставления Аравийско-Кавказского и Ирано-

Каспийского сегментов и их сравнения с другими сегментами пояса; подготовка коллективной монографии по результатам исследования. За 2017–2018 гг. перечень задач на 2019 год уточнился. Возникла необходимость финансировать продолжение начатых в 2018 г. работ в Северном Иране. Было признано целесообразным отказаться от подготовки итоговой коллективной монографии, заменив её серией публикаций отдельных исполнителей. В итоге, в 2019 г. предполагается решить следующие задачи:

(1) Проанализировать мезозойско-кайнозойское развитие северных частей Анатолийско-Крымского, Аравийско-Кавказского и Ирано-Каспийского сегментов АГП на предмет выявления перестроек структурного плана и поперечной сегментации пояса в разные геологические эпохи. Исследовать проявления более дробной поперечной сегментации протяжённых тектонических зон на примере Горного Крыма, Керченско-Таманской области и Большого Кавказа. Район исследований по заданию (1) ограничивается с севера слабо деформированными областями Скифской и Туранской плит, а с юга сутурой Мезотетиса (или северной ветви Неотетиса, по определению В.Е. Хаина [Тектоника континентов и океанов (год 2000)//Научный мир, 2001, 606 с.]).

(2) Оценить и сравнить соотношения коллизионных горизонтальных смещений и деформаций с амплитудами вертикальных горообразующих смещений на плиоцен-четвертичном этапе развития Аравийско-Кавказского сегмента АГП.

(3) Проанализировать скоростные неоднородности подлитосферной верхней мантии под различными сегментами АГП по сейсмоотографическим данным и их соотношения со строением земной коры сегментов, выявленным по геолого-геофизическим данным в пределах региона, обозначенного в пункте (1).

(4) Осуществить научные командировки участников проекта в Иран с целью проведения неотектонических полевых работ в структурном узле района г. Ардебиль и Кучано-Мешхетском прогибе между хребтами Копетдаг и Беналуд. Оценить на этой основе отличия новейших структур северной части Ирано-Каспийского сегмента и структур Аравийско-Кавказского сегмента АГП и соотношения между ними. Пункт (4) будет выполняться только в случае подтверждения иранской стороной согласия на проведение работ.

Ожидаемые научные результаты

(1) Обобщение данных о мезозойско-кайнозойском тектоническом развитии Крымско-Черноморско-Кавказского региона, структурных перестройках и проявлениях поперечной сегментации на разных стадиях развития, его отражении в скоростных неоднородностях подлитосферной верхней мантии. Подготовка к печати статьи (или двух статей) на эту тему для опубликования в рецензируемом журнале.

(2) Доработка и опубликование в журнале «Геотектоника» статьи «Новейшее горообразование в зоне сочленения Северо-Западного Кавказа и Керченско-Таманской области».

(3) Подготовка и представление в журнал «Quaternary International» статьи “Brackish-water Caspian-type Upper Pliocene deposits in the western Shirak Basin and estimation of the Quaternary uplift of Lesser Caucasus in NW Armenia and NE Turkey” («Солоновато-водные верхнеплиоценовые отложения каспийского типа на западе Ширакской впадины и оценка четвертичного поднятия Малого Кавказа, СЗ Армении и СВ Турция»).

Планируемые поездки

Научная командировка в Иран на срок 16 дней пяти участников проекта с целью проведения неотектонических полевых работ в структурном узле района г. Ардебиль и Кучано-Мешхетском прогибе между хребтами Копетдаг и Беналуд. Конечная задача этой командировки (вместе с командировкой в Иран 2018 г.) – собрать материал для оценки отличий новейших структур северной части Ирано-Каспийского сегмента и структур Аравийско-Кавказского сегмента АГП и соотношения между ними.

Полный список членов коллектива на следующий период реализации Проекта

Трифонов Владимир Георгиевич, Главный научный сотрудник

Бачманов Дмитрий Михайлович, Старший научный сотрудник

Зеленин Егор Александрович, Научный сотрудник

Симакова Александра Николаевна, Старший научный сотрудник

Соколов Сергей Александрович, Старший научный сотрудник

Соколов Сергей Юрьевич, Ведущий научный сотрудник
Тесаков Алексей Сергеевич, Руководитель (заведующий, начальник) лаборатории
Трихунков Ярослав Игоревич, Старший научный сотрудник
Фролов Павел Дмитриевич, Научный сотрудник
Шалаева Евгения Александровна, Научный сотрудник

НАУЧНЫЙ ОТЧЕТ О ПРОВЕДЕНИИ ЭКСПЕДИЦИИ

ФИО исполнителей Проекта, принявших участие в экспедиции

Зеленин Е.А., Трифонов В.Г., Фролов П.Д.

Место проведения экспедиции

Иран, хребет Эльбурс, южное побережье Каспийского моря, в районах городов Решт, Бабольсар и Горган.

Сроки начала и окончания экспедиции

29 сентября 2018 года – 15 октября 2018 года

Задачи экспедиции

Проведение полевых работ в Эльбурсе и его предгорьях на предмет выявления неотектонических отличий этой части Ирано-Каспийского сегмента от структур Аравийско-Кавказского сегмента АГП.

Выполнение поставленных перед экспедицией задач

Исследовано южное побережье Каспийского моря от г. Решта до г. Горгана и выполнены два пересечения хр. Эльбурс. Установлено, что на значительной части побережья в районе г. Решт Эльбурс лишён низких предгорий, и четвертичные морские отложения находятся примерно на уровне моря или ниже. Это доказывает, что в четвертичное время впадина Каспия расширялась за счет этой части Северного Эльбурса и активно опускалась. Южнее г. Решта, в высоких предгорьях, описаны и опробованы разрезы флювиальных четвертичных отложений, а южнее г. Рудбар, во впадине Маджул – плиоценовых озёрных отложений. Северный борт впадины Маджул нарушен зоной разломов с образованием терригенного меланжа.

В более восточных участках побережья, к востоку от г. Баболь наблюдались просто построенные предгорные складки, сложенные сарматскими (средний-верхний миоцен) отложениями. Они несогласно перекрыты аллювиальными четвертичными конгломератами, в основании которых выделяется пачка терригенно-карбонатных пород предположительно морского генезиса (рис. 2 в Приложении 1). Конгломераты местами нарушены разломами (рис. 3 в Приложении 1). Далее к востоку всё большую роль в разрезах четвертичных отложений приобретают лёссы, достигающие мощностей 20–30 м в окрестностях г. Горгана (рис. 4 в Приложении 1).

Два пересечения через Эльбурс показали, что юрские отложения северного крыла этого складчато-надвигового горного сооружения имеют сходство с разновозрастными отложениями Большого Кавказа (рис. 5 в Приложении 1). Возможно, в ниже-среднеюрское время они формировались на южном борту прогиба, северный склон и осевая часть которого представлены, соответственно, отложениями Большого Кавказа и его южного склона. В осевой зоне Эльбурса вскрыты метаморфизованные палеозойские породы, а на южном склоне присутствуют угленосные тонкообломочные юрские отложения, характерные и для более южных районов Ирана.

Полученные при выполнении научной командировки палеомагнитные, палинологические и палеонтологические материалы в настоящее время обрабатываются.

Полученные в ходе проведения экспедиции результаты

Описаны новейшие структуры указанного региона, разрезы плиоцен-четвертичных отложений. Отобраны образцы на палеомагнитный и спорово-пыльцевой анализы, а также четыре пробы на определение фауны моллюсков.

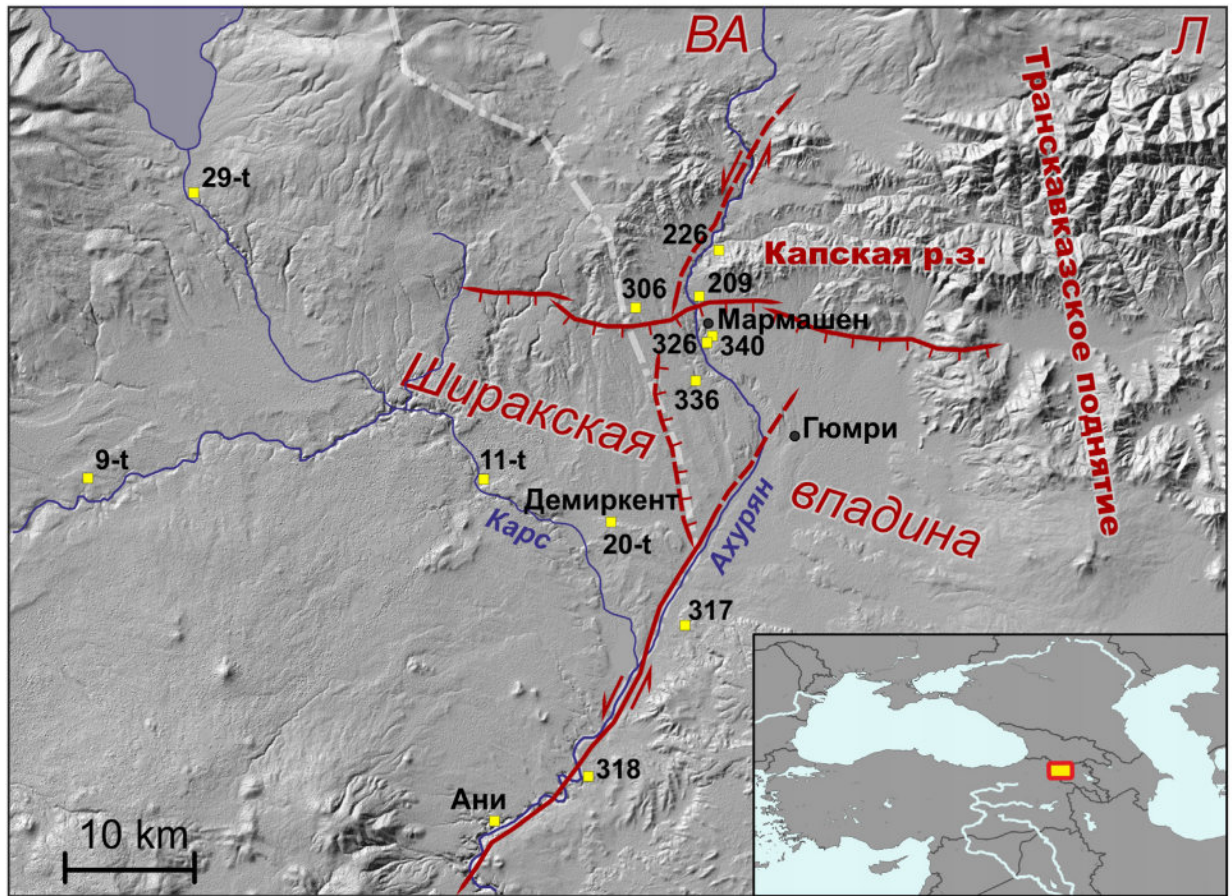


Рис.1. Ширакская впадина в СЗ Армении и СВ Турции. Показаны Ахурянский разлом, Капская флексурно-разломная зона, пункты наблюдений (20t – разрез Демиркент), южные части Лорийской (Л) и Верхнеахурянской (ВА) впадин



Рис. 2. Несогласное налегание карбонатно-терригенных (морских?) верхнеплиоценовых-нижнеплейстоценовых отложений на наклонённую на север толщу сармата (средний-верхний миоцен), северные предгорья Эльбурса северо-восточнее г. Баболь



Рис. 3. Лёссовая толща над разрезом флювиальных отложений, южная окраина г. Горган



Рис. 4. Разрыв в плейстоценовых конгломератах, предгорья Эльбурса северо-восточнее г. Баболь



Рис. 5. Надвигание толщи песчаников, алевролитов и аргиллитов нижней-средней юры на север на верхнеюрские мраморизованные известняки, северный склон Эльбурса восточнее вулкана Дамавенд