

Проект РФФИ № 17-05-00727 на 2017-2019 гг.

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

### Отчет за 2017 год. Форма 501. Краткий научный отчет

**Номер проекта**

17-05-00727

**Руководитель Проекта**

Трифонов Владимир Георгиевич

**Название Проекта**

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

**Код и название Конкурса**

Конкурс 2017 года проектов фундаментальных научных исследований, проводимый РФФИ

**Год представления Отчета**

2017

**Вид Отчета**

Промежуточный отчет 1-го периода

**Аннотация, публикуемая на сайте Фонда**

Подготовлена и опубликована монография Трифонова В.Г. «Неотектоника подвижных поясов» (М.: ГЕОС, 2017. 180 с.). В её первой части рассматриваются тектонотипы геодинамических обстановок новейших (олигоцен-четвертичных) подвижных поясов: Байкальская и Исландская рифтовые системы как крайние разновидности рифтогенных структур, Курило-Камчатская островодужная система как тектонотип зон субдукции и Альпийско-Гималайский орогенический пояс, наиболее полно представляющий ансамбль структур, развивающихся в условиях коллизии. Обосновано разделение пояса на крупные поперечные сегменты. Вторая часть монографии посвящена общим закономерностям неотектоники подвижных поясов. В первой главе этой части анализируются данные о явлениях и процессах, заставляющих модернизировать плейт-тектоническую теорию. Это диффузность границ плит, их тектоническая расслоенность и переход большинства зон субдукции в горизонтальные линзы на уровне переходного слоя мантии. Во второй главе обсуждаются история и причины новейшего горообразования. Показано, что в течение его длительной первой стадии возникают умеренные поднятия в местах концентрации деформаций при коллизийном взаимодействии плит и блоков литосферы. В течение второй, плиоцен-четвертичной, стадии вертикальные движения резко усиливаются, и возникает современный горный рельеф. Это усиление горообразования выходит за рамки коллизийных взаимодействий и обусловлено преобразованиями низов коры и верхов мантии под воздействием подлитосферных верхнемантийных течений. В третьей главе обосновывается модель «тектоники мантийных течений», которая объясняет как плейт-тектонические процессы, так и периодическое усиление вертикальных движений в короткие эпохи геологической истории, к которым принадлежит плиоцен-квартер.

Подготовлена и опубликована статья Трифонова В.Г., Шалаевой Е. А., Саакян Л.Х., Бачманова Д.М., Лебедева В.А., Трихункова Я.И. и др. «Четвертичная тектоника новейших впадин Северо-Западной Армении» (Геотектоника. 2017. № 5. С. 42–64). Подготовлена и сдана для опубликования в журнал «Quaternary International» статья Авагяна А.В. и других, в том числе Шалаевой Е.А. и Соколова С.А. «Tectonic and volcanic activity evidenced Sevan Lake west borders deposits (Armenia)». В этих двух статьях рассмотрена плиоцен-четвертичная история и обсуждается происхождение впадин. Некоторые из них (впадины долины Памбака и её ЮВ продолжения) контролируются одним из крупных разломов коллизийного каркаса Малого Кавказа. Ширакская впадина сформировалась в значительной мере из-за воздействия глубинных процессов, выраженных вулканизмом на обрамлениях впадины. В третьей группе впадин, например, в Малой Севанской, сочетается воздействие двух указанных факторов. На основе новых данных мировой сейсмотомографической сети по Р-волнам построены шесть разрезов мантии через Анатолийско-Крымский (через Горный Крым и Керченский пролив), Аравийско-Кавказский (через Центральный и Восточный Кавказ) и Каспийско-Иранский (от

Каспийского моря до Загроса и от Туранской плиты до Макрана) сегменты Альпийско-Гималайского орогенического пояса до Эфиопско-Афарского суперплюма. Построенные профили показывают черты сходства и различия строения мантии под сегментами. Выявлены верхнемантийные потоки, распространяющиеся под два восточных сегмента от суперплюма, тогда как под Анатолийско-Крымский сегмент потоки проникают от Аравийско-Кавказского сегмента. Его особенность – слэб относительно высокоскоростной мантии, погружающийся под сегмент от Скифской плиты.

#### **Полное название Организации**

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Геологический институт Российской академии наук

---

### **Отчет за 2017 год. Форма 503. Развернутый научный отчет**

#### **Номер Проекта**

17-05-00727

#### **Название Проекта**

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

#### **Коды классификатора**

05-114 Общая тектоника, геодинамика, палеорекострукции, 05-121 Стратиграфия, 05-431 Современная геодинамика, моделирование геодинамических процессов, 05-713 Геоморфология

#### **Заявленные цели Проекта на период, на который предоставлен грант**

(1) Обобщение и анализ ранее полученных данных о новейшей структуре и неотектоническом развитии Аравийско-Кавказского и Ирано-Каспийского сегментов АГП. (2) Завершение создания базы данных и карты активных разломов указанных сегментов. (3) Научные командировки участников проекта в Армению для полевого уточнения амплитуд вертикальных движений, сформировавших новейшие поднятия и впадины; обработка полученных материалов. (4) Создание и сопоставление профилей аномалий скоростей сейсмических волн в мантии под Аравийско-Кавказским и Ирано-Каспийским сегментами по данным мировой сейсмотомографической сети.

Для выполнения задачи (3) планируются научные командировки С.А. Соколова, Я.И. Трихункова и Е.А. Шалаевой в Армению на срок 12 дней. Распределение исполнителей по задачам проекта следующее. В.Г. Трифонов – задача (1) и руководство всеми исследованиями по проекту. Д.М. Бачманов – задача (2) и помощь в выполнении задачи (1). С.А. Соколов, Я.И. Трихунков и Е.А. Шалаева – задача (3) и помощь в выполнении задачи (1) по отдельным районам. С.Ю. Соколов – задача (4).

#### **Полученные за период, на который предоставлен грант, результаты с описанием методов и подходов, использованных в ходе выполнения проекта (описать, уделив особое внимание степени оригинальности и новизны)**

В соответствии с п. (1) заявленных целей проекта на 2017 г и заявленными ожидаемыми результатами была завершена подготовка и издана по издательскому гранту РФФИ № 17-15-00120 монография В.Г. Трифонова «Неотектоника подвижных поясов» // М.: ГЕОС, 2017. 180 с. Книга состоит из «Введения», двух частей и «Заключения». Они снабжены 63 рисунками, 5 таблицами и списком литературы из 383 названий.

В первой части книги рассмотрены тектонотипы различных новейших геодинамических обстановок. Она состоит из трёх глав, посвящённых, рифтовым системам (гл. 1), областям субдукции (гл. 2) и коллизии (гл. 3). В главе 1 обсуждаются Байкальская и Исландская рифтовые системы. В Байкальской системе описаны проявления растяжения рифтовых зон преимущественно ЮЗ–СВ простириания и субширотного левого сдвига на окончаниях рифтовой системы, выраженного как кулисным расположением отдельных грабенов, так и левосдвиговыми смещениями; общее нарастание проявлений рифтогенеза в ходе неоген-четвертичного развития; распространение области наибольшего опускания в Байкальской рифтовой зоне с ЮЗ на СВ. Байкальская рифтовая система вписывается в общую кинематику движения блоков литосферы к СВ от области Индо-Евразийской коллизии и, вместе с тем, соответствует области разуплотнения верхней мантии, на границе которой с «нормальной» мантии Сибирской платформы находится Байкальская рифтовая зона. Оба эти фактора, как и возможное метаморфическое уплотнение

низов коры, обусловили образование рифтовой системы. В Исландской рифтовой системе описаны структурно-вулканические проявления её поперечного раздвигания со скоростью ~10 мм/год и особенности развития. В конце плиоцена северная часть рифта, напрямую связывавшего сегменты Срединно-Атлантического хребта Рейкьянес и Колбейнсей, прекратила существование, и возникли Северо-Исландская рифтовая зона, а также Тьорнесская и Снейфедльснесская трансформные зоны, связавшие новообразованный рифт с указанными сегментами. В четвертичное время Исландский рифт распространился в южную часть острова и к югу от неё заложилась Рейкьянесская трансформная зона, связавшая удлинившийся рифт с хребтом Рейкьянес. Утонение земной коры и разуплотнение верхов мантии выражено в Исландской рифтовой системе сильнее, чем в Байкальской. Они являются крайними членами группы новейших структур растяжения. В Восточно-Африканской рифтовой системе представлены Западный пояс рифтовых зон байкальского типа и Восточный пояс вулканических рифтовых зон, которые развиваются на месте обширных ареалов вулканизма и характеризуются разуплотнением верхней мантии и утонением коры, перерастающим затем в её разрыв и спрединг, приводящий к раздвиганию континентальных блоков и формированию рифтов океанского типа.

В главе 2 на примере Курильского сегмента Курило-Камчатской островодужной системы охарактеризованы главные элементы этого типа структур: преддуговой глубоководный жёлоб; внешнее антиклинальное поднятие и за ним внешний прогиб; внутренний вулканический перекомпенсированный прогиб (вулканическая дуга); тыловой прогиб (краевое море). Сегмент характеризуется субконтинентальным, а в центре субокеаническим строением коры. Южная Камчатка близка по строению к Курилам, а Центральная Камчатка, расположенная на утонённой континентальной коре, построена сложнее. В ней выделяется несколько вулканических поясов и продольная грабенообразная Центральная Камчатская депрессия с признаками листрического строения пограничных разломов. Эти структуры демонстрируют признаки поперечного раздвигания при поперечном укорочении, выраженным пододвиганием океанской литосферы вдоль сейсмофокальной зоны. Северо-восточнее выявлена локальная коллизия хр. Кумрач и структур п-ва Камчатский, представляющих часть Алеутской островной дуги. Далее к СВ признаки новейшей субдукции не продолжаются. При сравнении Курило-Камчатской системы с другими островными дугами и активными континентальными окраинами выявляется разнообразие этого класса структур. Отмечены также продольные правые сдвиги на обрамлениях Тихого океана, которые являются элементами континентальных структурных ансамблей, наложенных на структуры зон субдукции.

В обширной главе 3 рассматриваются коллизионные сегменты Альпийско-Гималайского пояса (АГП). Для него характерны продольная зональность, выраженная последовательным омоложением разных стадий развития Тетиса с С–СВ на Ю–ЮЗ, и поперечная сегментация, отражающая уменьшение поперечного укорочения пояса с ВЮВ на ССЗ и подчёркнутая зонами поперечных разломов. Последняя особенно важна для целей данного проекта. Охарактеризованы: (1) Памиро-Гималайский регион и Центральная Азия; (2) Аравийско-Кавказский регион; (3) Альпийская Европа. В регионах (1) и (2) описаны активные разломы (проявления современной геодинамики), потом новейшая структура и история её развития.

Регион (1). Неотектонические зоны Центрального Тянь-Шаня представлены хребтами-антиклиналями и синклинальными межгорными впадинами, осложнёнными и разделёнными взбросами, надвигами и взбросо-сдвигами. Выделены две стадии развития – медленное поднятие хребтов в течение первых ~28 млн лет, определяемое коллизионным сжатием, и быстрое поднятие последних 2 млн лет, в 3–5 раз превосходящее то, которое может быть связано с поперечным сжатием и укорочением структур, и обусловленное также разуплотнением пород верхов мантии и на границе кора-мантия. В Памиро-Гималайской части региона описаны мезозойско-кайнозойские тектонические зоны, продолжающиеся на западе в Афганистан и на востоке в Тибет и Гималаи, их значительные горизонтальные смещения и деформации, происходившие в течение длительной первой стадии новейшего тектогенеза. В течение второй, плиоцен-четвертичной, стадии скорость поднятий резко возросла, что связано, как и в Центральном Тянь-Шане, не столько с усилением поперечного сжатия структурных зон, сколько с разуплотнением верхов мантии и низов коры. Погруженные из-за деформационного утолщения вышележащей коры океанские базиты докембрия, Палео- и Мезотетиса подверглись метаморфизму и, достигнув плотности окружающей мантии, начали погружаться, что стало источником мантийных землетрясений Памиро-Гиндукушской зоны.

Регион (2). На северном фланге Аравийской плиты реликты Неотетиса закрылись в конце эоцена, а на её северо-восточном Загросском фланге в среднем миоцене, обозначив начало коллизии Аравии с континентальными блоками внутренних зон будущего горного пояса и южной частью Евразийской плиты. На фоне сложной структурной дифференциации внутренней части пояса обозначились крупные элементы: зона краевых надвигов, Южно-Таврского и Загросского; пояс замкнувшихся в конце раннего миоцена – среднем миоцене прогибов Паратетиса между Малым Кавказом и Главным разломом Большого Кавказа; поднятие Большого Кавказа, фрагментарно

проявлявшееся в эпоху существования Паратетиса и оформившееся в среднем миоцене. Плиоцен-четвертичное усиление поднятий выразилось появлением грубой молассы в межгорных и предгорных впадинах. Особенность региона (2) – интенсивный новейший вулканизм. Рассмотрены два его аспекта: 1) структурный контроль центров извержений и 2) геодинамическая позиция магматических очагов, в которых, судя по составу продуктов извержений, присутствует глубинный материал мантии. Часть областей новейшего вулканизма вытянута вдоль орогенического пояса, примерно совпадая с возможным положением слэбов океанской литосферы Мезотетиса. Они могли стать источником магматических очагов при неотектонической активизации. Другая часть протягивается широкой полосой от Эфиопии вдоль западного края Аравийской плиты и далее на ССВ до Эльбруса и Казбека. Отмечено постепенное омоложение первых проявлений новейшего вулканизма от начала эоцена в Эфиопии до конца плиоцена в районе Эльбруса. Это даёт основание предполагать существование потока подлитосферной мантии, распространявшегося к северу и питавшего магматические очаги. На Армянском нагорье, где проявления обоих источников магнообразования совмещались, вулканизм был особенно интенсивным.

Регион (3). Под названием Альпийской Европы рассмотрена западная часть АГП на европейском и африканском берегах Средиземного моря. Определяющей является современная граница Африканской и Евразийской литосферных плит, в значительной мере совпадающая с сутурой Неотетиса. В этой системе Адриатический выступ подобен северному выступу Аравийской плиты и Пенджабскому выступу Индийской платформы, но его структура и новейшее развитие были существенно видоизменены в раннем миоцене образованием Азоро-Гибралтарской сдвиговой зоны и связанными с ней вращением блока Корсика–Сардиния и общим изменением поля тектонических напряжений в регионе. Значительные латеральные перемещения в ходе длительного неотектонического развития региона сопровождались возникновением субазральных поднятий в областях концентрации деформаций. В плиоцен-квартере вертикальные движения усиливаются без возрастания скорости сжатия, и возникают современные горные системы. В Альпийской Европе широко распространены новейшие впадины разного типа. Среди них выделяются проявления рифтогенеза, овальные впадины с центростремительной структурой обрамлений, задуговые бассейны и угловатых очертаний Паннонская впадина. Некоторые впадины имеют сложный, многофакторный генезис. Своеобразно происхождение Крито-Эллинской дуги и Эгейской задуговой впадины, где проявления субдукции сочетаются со встречным надвиганием, обусловленным боковым сжатием со стороны Анатолийской плиты и воздействием мантийного диапира под Эгейской впадиной. Деформации, связанные с погружением высокометаморфизованных пород в разуплотнённую верхнюю мантию под Восточными Карпатами, привели к образованию Вранчского мегаочага мантийных землетрясений. Во второй части монографии обсуждаются общие вопросы неотектоники подвижных поясов.

Первая глава второй части посвящена явлениям и процессам, заставляющим модернизировать классическую теорию тектоники литосферных плит (плейт-тектоники): диффузность (рассредоточенность) границ плит; переход большинства субдуцируемых слэбов в субгоризонтальные линзы (big mantle wedges, BMW), продолжающиеся в сторону континентов на уровне переходного слоя мантии (~400–700 км); тектоническая расслоенность литосферы. На примере островодужных систем северных обрамлений Пацифики показано, что в качестве границы Тихоокеанской плиты правильнее рассматривать не только зону субдукции, а весь пояс сопровождающих её деформаций и смещений. Ещё более очевидна диффузность коллизионных границ плит. В центрально-азиатской части АГП несколько зон концентрации деформаций с равным правом могут считаться такой границей. Неотектоническая расслоенность литосферы проявляется структурными и геодинамическими различиями между слоями земной коры и верхов мантии. Проявления и смысл выявленных различий обсуждаются на примерах Большого Кавказа, Тянь-Шаня и запада Северной Америки. В общем случае, нижняя часть земной коры может играть для верхней части коры такую же геодинамическую роль, какую играет астеносфера по отношению к литосфере в целом.

Вторая глава второй части посвящена новейшему горообразованию. В АГП повсеместно выделяются две его стадии. В течение длительной первой стадии, начавшейся чаще всего в олигоцене, возникли субазральные поднятия (обычно не выше среднегорных) в местах концентрации деформаций. В течение короткой второй стадии (последние 2–7 млн лет) резко усиливаются вертикальные движения, высота поднятий возрастает в 2–3 раза, и формируется современный горный рельеф. Ускорение вертикальных движений происходит, главным образом, из-за разуплотнения верхов мантии и/или высокометаморфизованных пород корового происхождения вблизи границы кора-мантия. Те же две стадии горообразования выявлены в других горных поясах Земли. Для выяснения особенностей второй стадии исследованы данные мировой сети и построены сейсмотомографические профили мантии. Выявлен общемантийный Эфиопско-Афарский суперплюм, от которого под АГП распространяются подлитосферные верхнемантийные потоки с пониженными скоростями сейсмических волн. Коллизия замедлила сближение гондванских плит с Евразийской плитой, но эти потоки продолжили прежнее движение

и распространились под северную окраину бывшего Тетиса. В процессе движения они перерабатывали верхнюю мантию региона, в том числе переходный слой мантии, обогащённый источниками флюидов, содержавшихся в BMW. Материал активизированных таким образом подлитосферных потоков стал замещать более плотную литосферную мантию, а содержащиеся в потоках флюиды воздействовали на высокометаморфизованные породы вблизи границы корамантия, вызывая их ретроградный метаморфизм. Оба процесса привели к разуплотнению пород верхов мантии и низов коры, что стало причиной резкого усиления поднятий во вторую стадию. В последней, третьей главе второй части предлагается модель новейшего тектогенеза, названная тектоникой мантийных течений. Она обобщает результаты исследований, изложенные в предыдущих главах. Основные положения новой модели таковы. (1) Тектонические процессы обусловлены общемантийной конвекцией. (2) Восходящую ветвь конвекции образуют общемантийные плюмы типа Эфиопско-Афарского и Центрально-Тихоокеанского. (3) От общемантийных плюмов распространяются подлитосферные верхнемантийные потоки, которые из-за вязкого трения перемещают литосферные плиты. (4) Поскольку большинство зон субдукции переходит в горизонтальные линзы (BMW) на уровне переходного слоя мантии (400–700 км), нисходящая ветвь общемантийной конвекции более рассеяна, чем восходящая ветвь, и реализуется также путём отрыва и погружения плотных нижнелитосферных масс под кратонами и областями наиболее интенсивной коллизии. (5) В эпохи широкого распространения коллизии она замедляет движение плит, и подлитосферные потоки распространяются дискордантно к плитам под соседние с коллизией области. Активизированная флюидами мантия потоков частично замещает мантийную часть литосферы, а флюиды потоков вызывают метаморфические преобразования литосферы, приводящие к её разуплотнению. Это является причиной резкого усиления вертикальных движений во вторую стадию горообразования. (6) Аналоги второй стадии выделяются в конце герцинского (артинский век) и каледонского (эйфельский век) тектонических циклов. Эти короткие стадии были эпохами перестройки системы движения плит и, возможно, системы мантийных течений.

В соответствии с п. (2) заявленных целей проекта на 2017 г были отредактированы данные об активных разломах Аравийско-Кавказского и Ирано-Каспийского сегментов АГП. Полученные результаты нашли отражение в указанной выше опубликованной монографии В.Г. Трифонова «Неотектоника подвижных поясов» (раздел 3.2.1, рис. 26–28). Редактирование данных об активных разломах осуществлялось в соответствии с принципами составления, методикой редактирования, содержанием и форматом атрибутов Новой базы данных об активных разломах Евразии, разработанными в 2017 г по проекту РНФ № 17-17-01073.

Предусмотренная п.(3) заявленных целей проекта на 2017 г научная командировка в Армению на 12 дней была выполнена на средства гранта РНФ № 17-17-01073. Полученные результаты оказались важными и для выполнения задач данного проекта РФФИ. Они дополнили материалы, ранее собранные в ходе полевых наблюдений во время научных командировок по грантам РФФИ, и послужили основой для двух подготовленных статей, посвящённых неотектонике, позднекайнозойскому развитию и происхождению новейших впадин Северной Армении (см. ниже).

В соответствии с п. (4) заявленных целей проекта на 2017 г. по данным мировой сейсмической сети были построены шесть профилей мантии под Анатолийско-Крымским, Аравийско-Кавказским и Ирано-Каспийским сегментами АГП, показывающих отклонения значений скоростей прохождения продольных волн от средних значений для соответствующих глубин (см. Приложение 1, рис. 1–7). Материалами для профилей послужили новые данные, позволившие существенно дифференцировать вариации скоростей Р-волн в верхней мантии (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 // *Geochemistry Geophysics Geosystems* G3. 2008. Vol. 9. N.5. P. 1–21; doi:10.1029/2007GC001806). Ранее мы располагали для рассматриваемых регионов только поперечным профилем от Эфиопско-Афарского суперплюма через Центральный Кавказ до Восточно-Европейской платформы и профилем вдоль АГП, который проходил через север Анатолии, Малый Кавказ и Центральный Иран. Новый профиль (см. рис. 4) через Центральный Кавказ подтвердил ранее выявленные особенности Аравийско-Кавказского сегмента АГП – распространение под этот сегмент верхнемантийного подлитосферного потока от Эфиопско-Афарского суперплюма и наличие «холодного» (с повышенными скоростями сейсмических волн) слэба, погружавшегося от Скифской плиты под Большой Кавказ и прослеженного (под внутренними зонами АГП и Аравийской плитой) до глубин 2000 км и, возможно, до основания мантии. Подробный анализ других полученных профилей и их сопоставление с геологическим строением сегментов предполагается выполнить в 2018 г. Сейчас могут быть высказаны лишь предварительные заключения. На профиле через Горный Крым (см. рис. 2) видно, что Крым и Чёрное море характеризуются небольшой мощностью литосферы, наличием под ней утонённого

(по отношению к Скифской плите) и выклинивающегося к югу относительно высокоскоростного слоя, ниже которого верхняя мантия имеет пониженные скорости Р-волн, причём это понижение достигает максимума на глубинах 600–700 км. Профиль через Керченский пролив (см. рис. 3) демонстрирует те же черты, но появляется небольшой «холодный» клин на глубинах 400–500 км, который можно интерпретировать как слабо выраженный аналог слэба Скифской плиты под Большой Кавказ (см. рис. 4). Совместная интерпретация обоих профилей, пересекающих Чёрное море (см. рис. 2 и 3), позволяет предположить, что низкоскоростной верхнемантийный слой, продолжающийся до глубин ~750 км, представляет собой «горячие» потоки с востока, из Аравийско-Кавказского сегмента АГП, куда они распространяются от Эфиопско-Афарского суперплюма (см. рис. 4). Особого рассмотрения требует область относительно низкоскоростных скоростей Р-волн, продолжающаяся в нижней мантию под Крымско-Кавказской частью орогенического пояса на всех пересекающих её профилях (см. рис. 2–5). Пока структурный и геодинамический смысл этой области неясен.

Профиль через Восточный Кавказ (см. рис. 5) сходен с Центрально-Кавказским сечением, но высокоскоростной объём под Большим Кавказом здесь обособлен от Скифской плиты, под литосферой которой до глубин ~400 км скорости Р-волн немного понижены. На глубинах 400–700 км скорости оказываются немного выше средних значений. Такой же слой выделяется на глубинах 400–700 км под Средним Каспием и Прикаспийской впадиной, тогда как под Южным Каспием скорости заметно понижены. Обращает внимание высокоскоростной объём на глубинах до 200–250 км под Загросом. Под Макраном такого объёма нет. На профилях через Восточный Кавказ и Ирано-Каспийский сегменты АГП (рис. 5–7) отчётливо прослеживается подлитосферный слой с пониженными скоростями Р-волн, вероятно, представляющий собой верхнемантийные потоки, распространяющиеся от Эфиопско-Афарского суперплюма.

В соответствии с планировавшимися на 2017 г. результатами работ была опубликована статья В.Г. Трифонова, Е.А. Шалаевой, Л.Х. Саакян, Д.М. Бачманова, В.А. Лебедева, Я.И. Трихункова, А.Н. Симаковой, А.В. Авагяна, А.С. Тесакова, П.Д. Фролова, В.П. Любина, Е.В. Беляевой, А.В. Латышева, Д.В. Ожерельева и А.А. Колесниченко «Четвертичная тектоника новейших впадин Северо-Западной Армении» // Геотектоника. 2017. № 5. С. 42–64. Среди этих межгорных впадин, развивавшихся в плиоцене-квартере, некоторые, например, Ваназдорская, Фиолетовская, Цовагюх-Мало-Севанская и отчасти Большая Севанская, связаны с крупной Памбак-Севан-Сюникской правосдвиговой зоной, отражающей коллизионное сжатие Малого Кавказа. Эта и другие зоны разломов, также связанные с коллизионным взаимодействием плит и блоков литосферы (Джавахетский сдвиг, Ахурянский разлом и восточная ветвь EAFZ), отчасти моделируют строение остальных впадин – Лорийской, Верхнеахурянской и крупнейшей Ширакской, но не определяют их контуров и структурных ограничений. Вместе с тем, развитие Ширакской впадины происходило синхронно с интенсивной вулканической деятельностью на её обрамлениях, южном в плиоцене, западном (Дигорский и более северные центры вулканических извержений) в плиоцене, раннем и, вероятно, среднем плейстоцене и вновь южном (Арагацкий центр) в калабрии и среднем плейстоцене. Пространственные и хронологические связи с вулканизмом обнаруживают также Верхнеахурянская, Лорийская и Мало-Севанская впадины. Возможно, их образование, по крайней мере, частично обусловлено глубинными магматическими процессами, которые, в свою очередь, определялись движением подлитосферных верхнемантийных потоков и их взаимодействием с литосферой. Выявлено усиление вертикальных движений в плиоцен-четвертичное время. Скорость поднятия в последние 0.5 млн лет определена в 0.7–1.0 мм/год для Лорийской и Верхнеахурянской впадин и 1.2–1.6 мм/год для соседних Джавахетского и Базумского хребтов.

Указанные в качестве предполагавшихся результатов работ 2017 г. по данному проекту РФФИ статьи о роли Южно-Таврской надвиговой зоны (сутуры Неотетиса) и поднятия сопряжённого с ней Таврского хребта в плиоцен-четвертичном развитии бассейна р. Евфрат в ЮВ Турции (Trifonov V.G., Çelik H., Simakova A.N., Bachmanov D.M., Frolov P.D., Trikhunkov Ya.I., Tesakov A.S., Titov V.V., Ozherelyev D.V., Alkas O., Latyshev A.V., Sychevskaya E.K., Kolesnichenko A.A. «Pliocene – Early Pleistocene history of the Euphrates valley applied to Late Cenozoic tectonics of northern Arabian Plate and its surrounding, Eastern Turkey») и статьи о количественной оценке дифференцированных четвертичных складчатых деформаций в Сочинском районе Северо-Западного Кавказа, выявленных структурно-геоморфологическим изучением речных террас (Trikhunkov Ya.I., Zelenin E.A., Shalaeva E.A., Marinin A.V., Novenko E.Yu., Frolov P.D., Revunova A.O., Kolesnichenko A.A., Novikova A.V. «Quaternary river terraces as indicators of the Northwestern Caucasus active tectonics») сданы для опубликования в журнал «Quaternary International» и сейчас находятся на стадии рецензирования. Но эти статьи были подготовлены к опубликованию на средства гранта РФФИ № 17-17-01073 и потому не могут рассматриваться как отчётная продукция по данному проекту РФФИ. Вместо них в качестве таковой представляется статья: A. Avagyan, L. Sahakyan, K. Meliksetyan, T. Atalyan, P. Tozalakyan, E.A. Shalaeva, C. Chatainger, H. Hovakimyan, S.A. Sokolov, V.A. Lebedev. «Tectonic and volcanic activity evidenced Sevan Lake west borders deposits (Armenia)»,

где путём изучения новейших отложений реконструируется история тектонической и вулканической активности. Впервые для этого региона найдены свидетельства современной подводной тектонической активности. Выявлено более 30 пунктов выделения подводных газовых эмонаций, которые позволили проследить Норатуз-Канагехский разлом под современными песчаными наносами. На юго-западном берегу Севана современные озёрные отложения обнаружены между двумя слоями лавовых обломков. Радиоуглеродное датирование костей копытных из озёрных отложений определяет нижний предел возраста верхних лав как 3900 лет. На основе датированного авторами разреза плиоцен-нижнечетвертичных отложений района с. Норатуз восстановлена история развития озёрного бассейна. Статья сдана в журнал «Quaternary International» и сейчас проходит стадию рецензирования.

Особенностью перечисленных в этом разделе исследований является мультидисциплинарность – привлечение разнообразных методов к решению поставленных задач. Это относится как к конкретным полевым исследованиям в Армении и обработке полевых данных, так и к выявлению и определению причин сегментации АГП и разрешению общих проблем неотектоники континентальных подвижных поясов. Важную роль в таком комплексном подходе играло сочетание исследований на разных масштабных уровнях. При изучении конкретных разрезов и зон деформаций и их сопоставлении помимо детальных геологических описаний широко использовались методы геоморфологической корреляции, радиоизотопного датирования, анализа палеомагнитных, палеонтологических, включая спорово-пыльцевой анализ, и археологических данных. Тем самым, устанавливалась история развития структур. По строению и высоте террас и поверхностей выравнивания, величинам их деформаций определялись скорости поднятий. При реконструкции неотектонического развития и горообразования крупных тектонических зон и провинций обобщение данных по отдельным структурам сочеталось с анализом ярусности рельефа, соотношений тектонических и вулканических проявлений, геофизических данных о строении литосферы. Тем самым выявлялись генетические связи между неотектоническими проявлениями и признаки происхождения структур, была установлена стадийность новейшего горообразования с усилением поднятий в плиоцен-квартере. Наконец, в масштабе подвижных поясов и их крупных сегментов привлекались данные сейсмотомографии, и с ними сопоставлялись обобщённые сведения о неотектонике сегментов, что привело к созданию общей модели новейшего тектогенеза и его глубинных источников (модель тектоники мантийных течений). В таком подходе состоит новизна и оригинальность методики исследований авторов проекта. Заметим, что выполненное в виде опубликованной монографии обобщение данных по неотектонике континентальных подвижных поясов оригинально. По-новому объясняются вертикальные движения, приведшие к новейшему горообразованию. Показано, что они лишь отчасти связаны с коллизионными и другими проявлениями сжатия при взаимодействии плит, но в большей мере обусловлены преобразованиями низов литосферы из-за нарушений течения верхнемантийного вещества в новейший орогенный этап развития Земли, который, таким образом, оказывается наложенным на плейт-тектонические процессы. Новым явилось и привлечение сейсмотомографических данных для изучения неотектоники подвижных поясов и, в частности, сегментации АГП.

**Количество научных работ по Проекту, опубликованных за период, на который предоставлен грант: 2**

- в изданиях, включенных в перечень ВАК: 1
- в изданиях, включенных в библиографическую базу данных РИНЦ: 2
- в изданиях, включенных Web of Science: 1

**Библиографический список всех публикаций по Проекту, опубликованных за период, на который предоставлен грант, в порядке значимости: монографии, статьи в научных изданиях, тезисы докладов и материалы съездов, конференций и т.д.**

Трифонов В.Г. Неотектоника подвижных поясов. М.: ГЕОС, 2017. 180 с. (Труды ГИН РАН, 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.