

### Отчет за 2017 год. Форма 1. Отчет о выполнении проекта

#### Заявленный в проекте план работы на год

- (1) Приобретение и дешифрирование космических снимков на узловые районы Алтае-Станового подвижного пояса, Тянь-Шаня, Армении, Кавказа.
- (2) Экспедиционные работы на Камчатке и в Керченско-Таманской зоне с целью изучения активных разломов и плиоцен-четвертичных тектонических движений.
- (3) Научные командировки в СЗ Армению с целью изучения проявлений активной (позднечетвертичной) и плиоцен-четвертичной тектоники и стратиграфии.
- (4) Командировки в Австрию и во Францию с целью участия (с докладами) в международных совещаниях по тематике проекта.
- (5) Работы по созданию новой Базы данных об активных разломах Евразии в соответствии с п. 4.7 данной заявки.
- (6) Аналитическая обработка результатов полевых исследований.
- (7) Обобщение в виде представления статей в рецензируемые журналы полученных данных по плиоцен-четвертичной стратиграфии и тектонике Восточной Турции, четвертичной тектонике СЗ Армении, четвертичному складкообразованию на Северо-Западном Кавказе, активным разломам Камчатки.

#### Заявленные научные результаты на конец года

Кожурин А.И. Результаты дешифрирования космических снимков КН-9 Нехагон на ключевые районы северо-востока Азии и Алтае-Станового подвижного пояса (в виде ГИС-проекта). Трифонов В.Г., Симакова А.Н., Бачманов Д.М., Трихунков Я.И., Фролов П.Д. и др. – подготовленная к опубликованию статья о четвертичной стратиграфии и тектонике Восточной Турции (предполагаемый журнал – Quaternary International). Трифонов В.Г., Шалаева Е.А., Симакова А.Н., Фролов П.Д., Трихунков Я.И., Бачманов Д.М., Соколов С.А. и др. – подготовленная к опубликованию статья о четвертичной стратиграфии и тектонике Ширакской впадины в Северо-Западной Армении (предполагаемый журнал – Quaternary International). Трихунков Я.И., Зеленин Е.А., Шалаева Е.А. и др. – подготовленная к опубликованию статья о проявлениях четвертичного складкообразования на СЗ Кавказе (предполагаемый журнал – Quaternary International). Трихунков Я.И., Гайдалёнок О.В. и др. – подготовленная к опубликованию статья о четвертичной структурной границе СЗ Кавказа и Керченско-Таманской области. Кожурин А.И. – подготовленная к опубликованию статья о сдвиговой тектонике Сахалина. Зеленин Е.А. – подготовленная к опубликованию статья об активной разломной тектонике юга Камчатки. Бачманов Д.М. при участии Трифонова В.Г. и Кожурина А.И. – база данных об активных разломах России и сопредельных территорий.

#### Сведения о фактическом выполнении плана работы на год

**Задание (1).** Космические снимки высокого разрешения КН-9 Нехагон предполагалось приобрести у Геологической службы США из-за следующих их преимуществ по сравнению с имеющимися российскими и другими зарубежными снимками: площадь одного снимка – примерно 100 x 200 км, перекрытие – примерно 60%, что обеспечивает возможность стереоскопической обработки с определением относительных превышений; низкая цена (30 USD за снимок). В качестве «пробного шара» удалось приобрести и обработать небольшое количество снимков на Южную Камчатку (снимки использованы при подготовке статьи, см. ниже) и некоторые другие районы северо-востока Азии. Успешно начатые переговоры и согласование отчетной документации о приобретении большего количества необходимых нам снимков были прерваны американской стороной в июле 2017 г., вероятно, в связи с общим ухудшением российско-американских отношений. Мы вынуждены были найти замену исходным материалам для части наших исследований.

Заменой послужили космические изображения, как имевшиеся у нас, так и находившиеся в свободном доступе, а также приобретение квадрокоптера с фотокамерой, позволившее сделать высококачественные стереоснимки изучавшихся в 2017 г. районов Камчатки. Выполнено предварительное дешифрирование имеющихся в свободном доступе космических снимков на восточную часть Алтае-Станового подвижного пояса – Становой хребет. Выделены протяженные, простирающиеся вдоль поднятия хребта, разрывные структуры предположительно левосдвиговой

кинематики – такой же, что проявлена кулисным рядом забайкальских впадин западнее. Возможно, продольное левосдвиговое движение является определяющим для всего Алтае-Станового пояса, по крайней мере, для его Байкальской и Становой частей. На северо-востоке Азии наиболее значимым результатом предварительного дешифрирования космических снимков стало обнаружение признаков активных правосдвиговых движений вдоль Ланково-Омолонской зоны северо-восточного простирания (к западу от зал. Шелихова) и вдоль меридионального Кетандинского разлома (северное Приохотье, к северу от Сахалина). Полученные результаты были использованы для редактирования новой Базы данных об активных разломах Евразии (см. задание 5) и частично представлены в статье об этой базе данных, подготовленной и опубликованной в 2017 г. (см. раздел 1.4.1), в виде рисунков 2–5 и Таблицы 1.

**Задание (2).** Выполнены экспедиционные работы на Камчатке и в Керченско-Таманской области. На Камчатке (исп. А.И. Кожурин и Е.А. Зеленин) полевые работы проводились в августе 2017 г. в южной части Восточно-Камчатской зоны разломов, разделяющей Центральную Камчатскую депрессию и Ганальский хребет, а именно, в той части зоны, где все смещение приурочено к одной плоскости. Работы имели целью накопление статистически значимого количества прямых геологических свидетельств угла падения плоскости разлома. В долинах правых притоков р. Камчатка исследованы участки речных террас, пересекающих разломную плоскость, а вдоль русел выполнены нивелирные и георадарные профили. Использовались снимки с квадрокоптера, приобретённого в 2017 г. на средства РФ. Подтверждено западное падение плоскости основного разлома, т.е. его сбросовая кинематика. В двух случаях удалось выявить, что поверхность коренных образований, представляющая плоскость разлома, наклонена под тем же углом, что и нижние части сбросовых фасет. Это дает основания использовать данные о крутизне склонов фасет, полученные фотограмметрическим путем, для оценки углов падения плоскости разлома там, где непосредственные измерения невозможны, а в итоге – для корректного определения величины растяжения в зоне разломов восточного ограничения Центральной Камчатской депрессии и ее вариаций вдоль простирания зоны. В дальнейшем такого рода данные будут использованы для определения средних величин и вариаций значений скорости поперечного растяжения земной коры Центральной Камчатки – основной части камчатского сегмента Курило-Камчатской островной дуги.

В Керченско-Таманской области описаны и палеомагнитно опробованы разрезы чехлов части прибрежных террас в районе г. Судак (склоны г. Эчкидаг, п. Коккос – Солнечная Долина), детально изучено и опробовано пересечение Керченского п-ва вдоль западного побережья Керченского пролива, рекогносцировочно обследовано пересечение полуострова на меридиане г. Феодосия, изучен район пос. Орджоникидзе между г. Феодосия и с. Коктебель, начаты описание и отбор палеомагнитных образцов в ранне-среднеплейстоценовом разрезе Синей балки на севере Таманского п-ва. Для датирования отложений и, соответственно, новейших деформаций собрана макрофауна (51 проба), отобраны 34 образца на микрофауну и 330 палеомагнитных образцов. Террасы в районе г. Судак исследовали О.В. Гайдаленок, С.А. Соколов и Я.И. Трихунков совместно с сотрудником Ин-та географии РАН А.Л. Чепалыгой и студенткой-практиканткой из МПГУ М.А. Васильевой с 29.04 по 10.05. О.В. Гайдаленок продолжала изучение террас позднее. В своё время Н.И. Андрусов выделил здесь нижнюю морскую карангатскую террасу (80–120 тыс. лет) и четыре более высокие флювиальные террасы. По мнению А.Л. Чепалыги, общее число террас достигает 24, и террасы выше карангатских имели прибрежно-морской генезис. В ходе полевых работ были опробованы отложения пяти верхних террас, выделенных А.Л. Чепалыгой. Отобраны литологические, палеомагнитные образцы, пробы на химический состав осадков, гранулометрический анализ и палинологию, что поможет оценить возраст террас и их происхождение. Проводившие работы сотрудники ГИН РАН (участники проекта РФ) пришли к предварительному заключению, что террас здесь больше 5, но существенно меньше количества, выделенного А.Л. Чепалыгой, причём надкарангатские террасы имеют сложное полигенетическое происхождение, сочетающее процессы морской абразии и накопления склоновых делювиально-коллювиальных отложений.

В июне 2017 г. О.В. Гайдалёнок отобрала палеомагнитные образцы из части разреза Синей балки на севере Таманского полуострова.

Прочие запланированные работы выполнили с 24.07 по 10.09 С.А. Соколов и О.В. Гайдалёнок при кратковременном участии В.Г. Трифонова. На пересечении вдоль западного побережья Керченского пролива изучались черты новейшей складчатой структуры. Описаны многочисленные обнажения, изучены условия залегания пород, отобраны образцы на макро- и микрофауну и палеомагнитные пробы, проведены геоморфологические наблюдения как на морских четвертичных террасах, так и в областях развития более древних форм рельефа. В доступной наблюдению части разреза (выше уровня моря) в складки деформированы неогеновые и нижнеплейстоценовые отложения (в данном отчёте приняты международные стратиграфические подразделения – [www.stratigraphy.org](http://www.stratigraphy.org)). Складчатость имеет прерывистый характер, при котором

деформации сконцентрированы в относительно узких зонах (рис. 1). Синклинали представляют собой очень пологие (первые градусы), широкие структуры субширотного простирания на севере и северо-восточного на юге, антиклинали же, напротив, более узкие и крутые (до 45° и более, но чаще 15–25°). В их осях развиты структуры глинистого диапиризма, связанные с майкопскими отложениями (поверхности напластования сорваны, слои часто осложнены мелкой сложной складчатостью). Наличие крупных разрывных нарушений, в том числе надвигового типа, пока не очевидно.

Рельеф территории восточной части Керченского полуострова слабоконтрастный, на юге более выровненный. В рельефе выражаются невысокие холмы и обширные разделяющие их долины. В холмах намечается некоторая асимметрия, выраженная более крутыми северо-западными и пологими юго-восточными склонами. Унаследованность рельефа от тектонических структур не прослеживается или проявляется крайне слабо. Инверсионным рельеф также назвать нельзя, что можно связать с двумя факторами: разрез сложен преимущественно глинистыми и глинисто-карбонатными породами, не устойчивыми к денудации, и рельеф успел испытать планацию. Также можно предположить, что на последней стадии рельефообразования преобладал общий подъем территории, а формирование пликативных структур играло второстепенную роль. Вместе с тем, в районе с. Героевское развита морская карангатская терраса (разрез Эльтиген), которая описывает пологий антиклинальный изгиб в приосевой части антиклинальной складки, причём краевые части террасы являются аккумулятивными, а в центральной части обнажается цоколь сарматских отложений высотой 3–4 м. В северо-восточной части Керченского п-ва рельеф становится более контрастным, всхолмленным, асимметрия холмов постепенно исчезает, унаследованность форм рельефа от складчатой структуры проявляется значительно сильнее, что может быть связано с распространением тут в большем количестве относительно крепких пород, в том числе карбонатных. Также можно предположить более контрастные пликативные рельефообразующие деформации.

В более западном пересечении, на меридиане г. Феодосия, в разной степени дислоцированные глинистые отложения майкопской серии перекрыты полого залегающими отложениями чокрака (среднего миоцена) при крайне выровненном рельефе земной поверхности. Вопрос о том, является ли это свидетельством более раннего возраста складчатости или результатом размыва непрочных отложений майкопа, покажут дальнейшие исследования.

На крайнем юго-западе Керченско-Таманской области, в районе пос. Орджоникидзе, исследованы обнажающиеся там отложения юры и, возможно, верхнего триаса. Помимо известного по соседним районам несогласия между средней юрой и подстилающей таврической свитой, выявлены три стадии деформаций. Первая выражена несогласием между ниже-среднеюрскими песчано-глинистыми отложениями и конгломерато-брекчиями верхней юры. Вторая стадия выражена шарьированием среднеюрских конгломератов на среднеюрские отложения. Это, скорее всего, произошло на границе юры и мела или в самом начале мела одновременно с формированием Карадагского вулкана. Можно допустить, однако, что шарьирование началось раньше, и среднеюрские конгломерато-брекчии представляют собой олистостромовый комплекс, развивавшийся на склоне надвигавшегося на юг рифового массива Крымской Яйлы. Третья стадия, вероятно, состоявшая из нескольких фаз альпийских деформаций, выражена разрывными смещениями и складчатыми изгибами как плоскости шарьяжа, так и смещённых им отложений. Эта стадия завершилась, скорее всего, до четвертичного времени, поскольку сейчас исследованный участок сильно эродирован и находится чуть выше уровня моря, а восточное продолжение той же зоны погружено ниже уровня моря и появляется вновь лишь на Северо-Западном Кавказе.

**Задание (3).** В Армении было продолжено начатое в 2015 г. изучение стратиграфии и структуры плиоцен-четвертичных толщ юго-западного побережья оз. Севан (район с. Норатуз и г. Гавар) (исп. Е.А. Шалаева и П.Д. Фролов). Эти отложения и вулканические образования были сопоставлены с неоген-четвертичными толщами западного склона Гегамского нагорья (долины рек Раздан и Нурнус). Новые обнаруженные соотношения комплексов пород, отобранные образцы для радиоизотопного анализа и петролого-геохимического изучения (8 проб) и фаунистические находки позволят существенно уточнить стратиграфию и историю неотектонического развития региона. В долине р. Раздан изучены выходы сармата (солонатово-водный морской бассейн конца среднего – начала позднего миоцена) и вышележащих озёрных отложений. Возле с. Нурнус в озёрных глинах и диатомитах найдена раннеплиоценовая фауна. Аналогичные отложения известны по скважинам на юго-западном побережье Севана. Вероятно, единый для изученного и соседних регионов сарматский морской бассейн был унаследован системой озёрных бассейнов. Такие сообщавшиеся бассейны существовали в Севанской впадине и, по меньшей мере, в западной части будущего Гегамского вулканического нагорья. Позднее они были разобщены проявлениями вулканизма.

Для решения задач данного проекта РНФ, а именно, понимания плиоцен-четвертичного тектонического развития и соотношений новейшей тектоники и вулканизма Армении и в целом

Аравийского-Кавказского сегмента Альпийско-Гималайского пояса чрезвычайно важным было изучение провинций Карс и Эрзрум на СВ Турции. Эти работы не были указаны как объекты исследований 2017 г. в заявке на грант РФФИ, поскольку в то время мы ещё не получили разрешения на проведение этих работ от турецкой администрации. Позднее такое разрешение было получено и работы проведены (исп. В.Г.Трифонов, Е.А.Зеленин, А.Н.Симакова, Я.И.Трихунков, П.Д.Фролов, Е.А.Шалаева). Детально изучена западная часть Ширакской впадины, восточная часть которой находится на территории Армении и изучалась раньше (см. раздел 1.4.2), а также обследовано строение других позднекайнозойских впадин и их структурных обрамлений (рис. 2). В ходе работ в плиоцен-четвертичных отложениях собрана многочисленная фауна моллюсков, найдены остатки крупных и мелких млекопитающих, изделия раннего и среднего палеолита, отобраны 39 спорово-пыльцевых проб, 245 образцов для палеомагнитного анализа и 26 образцов вулканических пород для Ar-Ar датирования и петрохимического изучения. Предварительные результаты полевых работ таковы. В турецкой части Ширакской впадины выделены те же три ниже-среднеплейстоценовые свиты (карахачская, анийская и арапийская) в том же относительном геоморфологическом положении, что и в смежной армянской части впадины (рис. 3). Западнее находятся меньшие по размеру впадины, Сусузская и Селимская, сложенные породами того же возраста, а в Селимской впадине, возможно вскрыты также плиоценовые отложения. Четвертичные толщи этих впадин тектонически подняты относительно разновозрастных им отложений Ширакской впадины более чем на 100 м. Впадины разделены выходами андезитовых лав, причём на всех изученных контактах лавы перекрывают указанные озёрно-аллювиальные свиты. Возможно, эти свиты представляют единый крупный озёрный бассейн, позднее деформированный и разобщённый проявлениями вулканизма. Вулканические массивы Сарыкамыш и Дигора отделяют описанную систему впадин от широтно вытянутой системы более южных впадин. С запада на восток это впадины Эрзрумская (крупнейшая), Пасинлерская, Хорасанская и Кагизманская, раскрывающаяся на востоке в Средне-Араксскую (Арагатскую) впадину. Впадины разделены выходами миоценовых и более древних пород, дислоцированных и нередко метаморфизованных. В строении этих перемычек и бортов впадин важную роль играют молодые разломы преимущественно северо-восточного простирания.

**Задание (4).** Командировки в Австрию для участия в Ассамблеи Европейского союза геологических наук были признаны целесообразными из-за их малой эффективности и высокой стоимости. В.Г. Трифонов, Я.И. Трихунков, П.Д. Фролов и Е.А. Шалаева осуществили командировку в Тутавель (Франция) для участия в международной конференции INQUA-SEQS "Quaternary stratigraphy and hominids around Europe: Tautavel (Eastern Pyrenees)", где выступили с четырьмя устными докладами по теме проекта:

Trifonov V., Ozherelyev D., Tesakov A., Simakova A. Environmental and geodynamic settings of migration of the earliest hominid to the Arabian-Caucasus region // Quaternary stratigraphy and hominids around Europe: Tautavel (Eastern Pyrenees). Tautavel, France, 10-15 Sept. 2017. P. 16.  
Trikhunkov Y.I., Trifonov V.G., Latyshev A.V., Shalaeva E.A., Bachmanov D.M., Kozhurin A.I. Using of paleomagnetic data for correlation of the Pliocene-Quaternary sequences of Arabian-Caucasus region // Ibid. P. 65.

Frolov P.D., Kurshakov S.V. The Early Pleistocene freshwater fauna from the Lower Don river area and Taman Peninsula // Ibid. P. 30–31.

Shalaeva E.A., Trifonov V.G., Avagyan A.V., Sahakyan L.H., Simakova A.N., Trikhunkov Y.I., Frolov P.D., Sokolov S.A., Tesakov A.S., Lebedev V.A., Titov V.V., Belyaeva E.V. Comparison of Quaternary sedimentary sequences of the West Sevan Basin and basins of NW Armenia // Ibid. P. 66.

Полезными были полученная на совещании информация и сопровождавшие экскурсии, позволившие познакомиться с разрезами раннего плиоцена, строением четвертичных флювиальных террас, пещерными отложениями с фауной, археологическими и антропологическими находками (череп и кости Homo erectus в пещере Тутавель).

**Задание (5).** Д.М. Бачманов, А.И. Кожурин и В.Г. Трифонов разработали принципы составления, методику редактирования, содержание и формат атрибутов Новой базы данных об активных разломах Евразии (БД). Они изложены в статье «База данных активных разломов Евразии», которая подготовлена и будет опубликована до конца 2017 г. в № 4 журнала «Геодинамика и тектонофизика» (см. раздел 1.4.1), а в более полном виде представлена в подготовленной Объяснительной записке к БД. Новая БД создаётся с учётом сведений об активных разломах Евразии, собранных исполнителями к 1996 г. в рамках Международного проекта II-2 «Карта крупных активных разломов мира» Международной программы «Литосфера» и использованных при создании Комплекта карт общего сейсмического районирования России ОСР-97. Эти сведения были дополнены новыми данными исполнителей данного проекта РФФИ и других исследователей. В нынешнем виде БД содержит данные о более чем 20000 разломах, зон разломов и связанных с ними структурных форм с признаками последних перемещений в позднем плейстоцене и голоцене.

Подготовлен комплект дистанционных, топографических и сейсмологических материалов, включающий цифровые модели рельефа, мозаики космоснимков, выборки из каталогов землетрясений, однородно покрывающий всю территорию Евразии и предназначенный для уточнения характеристик разломов и унификации детальности их изображения в БД. В 2018 г. и в начале 2019 г. все сведения, содержащиеся в БД, будут приведены в единому формату, описанному в упомянутой статье, что потребует коррекции геометрических характеристик некоторых разломов, более развернутого обоснования их активности и уточнения оценок ключевых атрибутов. Для сопоставления и комплексного анализа разнообразных материалов, касающихся активной разломной тектоники, а также для редактирования объектов БД используется программное обеспечение из состава пакета ArcGIS. К концу 2019 г. отредактированная БД будет зарегистрирована в Роспатенте и опубликована на общедоступном сайте для использования в интерактивном режиме, причём методика составления и формат БД допускают её пополнение и уточнение по мере появления новых сведений об активных разломах в будущем. Создание БД явится важным вкладом в изучение современной геодинамики и оценку сейсмической и других геологических опасностей.

**Задание (6).** Сейчас проводится и будет продолжена в 2018 г. аналитическая обработка полученных в ходе полевых работ в России и зарубежных командировок материалов с тем, чтобы представить результаты в виде статей в рецензируемых журналах. К настоящему времени подготовлена для определений значительная часть палеомагнитных образцов, проб для Ar-Ar датирования и петролого-геохимического изучения, спорово-пыльцевого анализа, фаунистических и археологических материалов.

**Задание (7).** В 2017 г. выполнены обработка и обобщение материалов, полученных в ходе полевых работ в Турции в 2014–2016 гг. и по этим материалам подготовлены две статьи участников проекта совместно с другими российскими и турецкими учеными:

- 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., Alkac 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».
- Ozherelyev D.V., Trifonov V.G., Çelik H., Trikhunkov Ya.I., Frolov P.D., Simakova A.N. «Early Palaeolithic records in the Euphrates River basin, Eastern Turkey».

Обе статьи представлены в журнал «Quaternary International» и сейчас проходят стадию рецензирования. Научные результаты, изложенные в статьях, охарактеризованы в разделе 1.4.2.

В 2017 г. выполнены обработка и обобщение материалов, полученных в ходе полевых работ в Армении в 2014–2016 гг. и по этим материалам подготовлены две статьи участников проекта совместно с другими российскими, а первая статья также с армянскими учеными:

- Shalaeva E.A., Trifonov V.G., Lebedev V.A., Avagyan A.V., Sahakyan L.H., Simakova A.N., Frolov P.D., Arakelyan D.A., Sokolov S.A., Tesakov A.S., Bachmanov D.M., Kolesnichenko A.A., Latyshev A.V., Belyaeva E.V., Lyubin V.P., Sychevskaya E.K., Kovalyova G.V., Khisamutdinova A.I. «Quaternary geology and origin of the Shirak Basin, NW Armenia».
- Соколов С.А., Шалаева Е.А., Лебедев В.А., Хисамутдинова А.И. «Корреляция туфа ленинканского типа и лав привершинной части вулкана Арагац».

Первая статья представлена в журнал «Quaternary International» и сейчас проходит стадию рецензирования. Научные результаты, изложенные в статье, охарактеризованы в разделе 1.4.2.

Вторая статья посвящена происхождению и особенностям распространения трахидацитового ленинканского туфа в Ширакской впадине и на её обрамлениях. Туф представлен в разной степени спекшимися разностями до игнимбрита. Четыре достоверных определения возраста туфа K-Ar и Ar-Ar методами дали ~0.65–0.7 млн. лет. Туф перекрывает отложения арапийской свиты начала среднего плейстоцена. По составу он тождественен трахидацитам привершинной части вулкана Арагац с возрастом ~0.68 млн. лет, представляющим фазу мощного взрыва, разрушившего значительную часть постройки и ставшего источником туфа. Туф покрыл сплошным чехлом мощностью от 1 м до 10–15 м отложения разного возраста, расположенные на большой площади к северу от вулкана, что указывает на направление распространения продуктов эксплозии. Общий объём выброшенного материала оценён в 1.7–2.0 млн. м<sup>3</sup>. Предполагается направить статью в журнал «Вулканология и сейсмология».

В 2017 г. выполнены обработка и обобщение материалов, полученных в ходе полевых работ на С3 Кавказе. По этим материалам подготовлены три статьи:

- Tesakov A.S., Titov V.V., Simakova A.N., Frolov P.D., Syromyatnikova E.V., Kurshakov S.V., Volkova N.V., Trikhunkov Ya.I., Sotnikova M.V., Kruskop S.V., Zelenkov N.V., Tesakova E.M., Palatov

D.M. «Late Miocene (Early Turolian) vertebrata faunas and associated biotic record of the N. Caucasus: Geology, taxonomy, paleoenvironment, biochronology». (Fossil imprint. 2017. Vol. 73, No. 3-4).

- Трихунков Я.И., Зеленин Е.А., Шалаева Е.А., Маринин А.В., Новенко Е.Ю., Фролов П.Д., Ревунова А.О., Колесниченко А.А., Новикова А.В. «Quaternary river terraces as indicators of the Northwestern Caucasus active tectonics»

- Трихунков Я.И., Бачманов Д.М., Гайдалёнок О.В. «Морфоструктура зоны сочленения Северо-Западного Кавказа и Керченско-Таманской области»

Первая статья посвящена стратиграфии и палеонтологии верхнемиоценовых отложений долины р. Белой в западной части северного склона Большого Кавказа и имеет важное значение для понимания развития орогенных процессов в регионе. В статье представлены результаты обработки и анализа палеомагнитных данных, полученные Я.И. Трихунковым в 2017 г. в рамках работ по данному проекту РНФ. Статья будет опубликована в журнале «Fossil imprint» до конца 2017 г. (см. раздел 1.4.2).

Вторая статья явилась результатом обработки и обобщения в 2017 г. полевых данных 2014–2016 гг. В статье обосновывается позднечетвертичное развитие предгорных складок Сочинского района СЗ Кавказа. Статья представлена в журнал «Quaternary International» и сейчас проходит стадию рецензирования. Научные результаты, изложенные в статье, охарактеризованы в разделе 1.4.2. Третья статья посвящена геоморфологическому выражению границы СЗ Кавказа и Керченско-Таманской складчатой области. Граница выражена несколькими уступами с последовательным понижением средней высоты к западу. Среди них важнейшую роль авторы отводят Абрау-Чекупской поперечной разрывной зоне. Она представляет собой грабен на юге, в районе с. Абрау-Дюрсо, а севернее – сложно построенный уступ с признаками сбросов с опущенными западными крыльями. Тектонофизическое изучение зоны подтверждает её образование в условиях поперечного горизонтального растяжения. Статью предполагается опубликовать в журнале «Геоморфология».

По Южной Камчатке подготовлена и опубликована статья Е.А. Зеленина «Позднечетвертичные деформации Южной Камчатки» (Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2017. № 3. Вып. 35. С. 103–111). Подготовить эту статью позволили работы с фондовыми материалами Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, выполненные Е.А. Зелениным в ходе командировки в г. Петропавловск-Камчатский, результаты дешифрирования и фотограмметрических измерений по снимкам, приобретенным на средства гранта РНФ, а также полевые материалы, полученные Е.А. Зелениным ранее. Научные результаты, изложенные в статье, охарактеризованы в разделе 1.4.1. Завершена запланированная на 2017 г. подготовка статьи Кожурина А.И. и Строма А.Л. «Активная сдвиговая тектоника Сахалина». В статье приведены новые данные об активных разломах северной части острова (Хейтонском, Лонгрийском, Пильтунском и др.), свидетельствующие о продолжающихся (активных) правосдвиговых движениях вдоль острова в его северной части. Такой вывод противоречит ранее высказанным широко распространенным предположениям о том, что сдвиговые движения по продольным разломам острова сменились в конце плиоцена – начале четвертичного периода надвиговыми и взбросовыми (Рождественский В.С., Голозубов В.В.). Рассмотрен также вопрос о наличии сдвиговых движений в центральной и южной частях острова, вдоль Тымь-Поронайской зоны активных разломов. Отдельно каждый из разломов зоны демонстрирует отчетливые признаки взбросовых движений, однако кулисное расположение отдельных разломов предполагает, что в движениях по зоне присутствует и правосдвиговая компонента. Таким образом, показано существование на острове единой продольной правосдвиговой зоны с меняющейся вдоль ее простирания относительной величиной вертикальной компоненты, которая практически отсутствует на севере и велика в центре и на юге острова. Наличие правосдвиговой зоны на Сахалине проанализировано с точки зрения движений предполагаемой Охотской плиты. Правый сдвиг вдоль острова вполне согласуется с моделью (Riegel et al., 1993), в которой Охотская плита движется относительно Евразийской плиты к югу – выжимается в этом направлении сходящимися Евразийской и Северо-Американской плитами. В то же время, существование самой Охотской плиты, как показано в статье, спорно: нет непрерывного ряда активных структур, которые бы маркировали ее границы, что является нарушением самого принципа выделения плит. Предлагаемое решение заключается в том, что правосдвиговая зона Сахалина представляет не границу малой литосферной плиты (Охотской), а элемент системы правосдвиговых структур северной и западной периферии Тихого океана (переходной зоны), развивающихся из-за неортогонального сближения Тихоокеанской плиты с Евразийской и Северо-Американской.

В 2017 г. исследовались также причины интенсивных тектонических поднятий во вторую, плиоцен-четвертичную, стадию новейшего орогенного этапа. В заявке на грант эти исследования планировалось выполнить на заключительных этапах работ по проекту, но удалось начать их раньше. Подготовлены и опубликованы две статьи:

- Трифонов В.Г., Соколов С.Ю. «Подлитосферные течения в мантии» (Геотектоника. 2017. № 6. С. 3–17).
- Трифонов В.Г., Соколов С.Ю. «Сопоставление тектонических фаз и инверсий магнитного поля в позднем мезозое и кайнозое» (Вестник РАН. 2017. Том 87, № 12. С. 1091–1097).  
Научные результаты, изложенные в этих статьях, охарактеризованы в разделе 1.4.1.

**В выполнении перечисленных в разделе 1.3 научных работ были задействованы все участники проекта.**

В.Г. Трифонов участвовал в полевых работах в Крыму и Турции и в работе совещания INQUA-SEQS в Тунавеле, Франция; подготовил и опубликовал две статьи по глубинным источникам тектонических процессов, определяющих в числе прочего усиление вертикальных движений и горообразования в плиоцен-четвертичную стадию новейшего орогенного этапа и обуславливающих синхронность их проявлений в разных подвижных поясах; участвовал в подготовке Объяснительной записке к Базе данных об активных разломах Евразии и статьи на эту тему, трёх статей о плиоцен-четвертичной тектонике Ширакской впадины Армении и бассейна р. Евфрат на востоке Турции.

А.И. Кожурин уточнил путём дешифрирования космических изображений местоположение и параметры активных разломов ряда подвижных поясов Евразии; участвовал в полевых работах на Камчатке, подготовке Объяснительной записке к Базе данных об активных разломах Евразии и статьи на эту тему; подготовил статью об активных сдвигах на Сахалине.

Д.М. Бачманов принял ведущее участие в разработке принципов, методов составления и атрибутике базы данных (БД) об активных разломах Евразии, сборе материалов для БД, подготовке Объяснительной записки к ней и соответствующей статьи, а также принял участие в подготовке трёх статей о плиоцен-четвертичной тектонике Ширакской впадины Армении, бассейна р. Евфрат на востоке Турции и зоны сочленения СЗ Кавказа с Керченско-Таманской зоной.

А.Н. Симакова обеспечила стратиграфическую и палеогеографическую интерпретацию изучавшихся разрезов Армении и Турции данными спорово-пыльцевого анализа и приняла участие в полевых работах на северо-востоке Турции, где отобрала 39 проб. Наиболее информативными оказались глинистые озёрные отложения. По результатам анализа карахачская свита СЗ Армении отнесена к нижнему плейстоцену, анийская – к калабрию и низам среднего плейстоцена, арапийская – к среднему плейстоцену. По различиям растительных сообществ выявлены постепенная аридизация от плиоцена к плейстоцену на востоке Турции, а в Армении неоднократная смена климатических обстановок в анийское время и последовательная аридизация в арапийское время.

С.А. Соколов принял ведущее участие в полевых работах в Крыму и обработке полученных материалов и участвовал в подготовке статей о Ширакской впадине Армении и характеристике и происхождении ленинканских туфов в этой впадине.

Я.И. Трихунков участвовал в полевых работах в Крыму и Турции и в работе совещания INQUA-SEQS в Тунавеле, Франция; обработал результаты палеомагнитного опробования миоценовых отложений р. Белой на северном склоне Большого Кавказа: принял ведущее участие в подготовке двух статей по четвертичному складкообразованию на СЗ Кавказе и границе СЗ Кавказа с Керченско-Таманской зоной; участвовал в подготовке двух статей по востоку Турции и статьи по стратиграфической и палеонтологической характеристике верхнемиоценовых отложений р. Белой.

П.Д. Фролов обеспечил стратиграфическую и палеогеографическую интерпретацию изучавшихся разрезов Армении и Турции данными анализа фауны моллюсков; принял участие в полевых работах в Армении и на северо-востоке Турции и в работе совещания INQUA-SEQS в Тунавеле, Франция; участвовал в подготовке двух статей по бассейну р. Евфрат на востоке Турции, статей о Ширакской впадине Армении и четвертичном складкообразовании на СЗ Кавказе.

Е.А. Зеленин участвовал в полевых работах на Камчатке и на северо-востоке Турции; подготовил и опубликовал статью об активных разломах Южной Камчатки; участвовал в подготовке статьи о четвертичном складкообразовании.

Е.А. Шалаева участвовала в полевых работах в Армении и на северо-востоке Турции и в работе совещания INQUA-SEQS в Тунавеле, Франция; приняла ведущее участие в подготовке статьи о Ширакской впадине Армении; участвовала в подготовке статей о характеристике и происхождении ленинканских туфов в этой впадине и четвертичном складкообразовании на СЗ Кавказе.

О.В. Гайдалёнок приняла деятельное участие в полевых работах в Крыму и обработке полученных материалов и участвовала в подготовке статьи о границе СЗ Кавказа с Керченско-Таманской зоной.

**Сведения о достигнутых конкретных научных результатах в отчетном году**

**1.4.1. Статьи, которые подготовлены по данному проекту РФ и вышли из печати в 2017 г. (или выйдут до конца 2017 г.)**

(1) Бачманов Д.М., Кожурин А.И., Трифонов В.Г. «База данных активных разломов Евразии» // Геодинамика и тектонофизика. 2017. № 4.

Изложены принципы составления, методика редактирования и формат атрибутов Новой базы данных об активных разломах Евразии (БД). Масштаб, в котором составлена БД – 1:500000, а базовый демонстрационный масштаб – 1:1000000. Методика составления и формат БД допускают её постоянное пополнение и уточнение с появлением новых сведений об активных разломах. В настоящий момент она вмещает более 20000 географически привязанных разломов, зон разломов и связанных с ними структурных форм с признаками последних перемещений в позднем плейстоцене и голоцене. Каждый объект снабжён двумя видами характеристик (атрибутов) – обосновывающими и оценочными. Обосновывающие атрибуты содержат конкретные сведения об объектах – их названия, данные о морфологии и кинематике, амплитуды смещений за разные отрезки времени, рассчитанные по ним скорости движений, возраст последних зафиксированных признаков активности, проявления сейсмичности и палеосейсмичности, соотношения объектов с параметрами коровых землетрясений и другие характеристики, а также сведения об источниках информации, список которых приложен к БД. Оценочные атрибуты – это система индексов, отражающих кинематику разломов согласно принятой в структурной геологии типизации, ранг скорости позднечетвертичных движений (три градации) и степень достоверности выделения структуры как активной (четыре градации). Индексы позволяют сопоставлять объекты по любому из атрибутов между собой и с любыми другими видами оцифрованной информации с помощью различных геоинформационных систем (например, программного пакета ArcGIS). Таким образом, БД позволяет извлекать конкретные сведения о разломах и способствует решению более общих задач – определения параметров современных геодинамических процессов, тенденций плиоцен-четвертичного тектонического развития, оценки сейсмической и других геодинамических опасностей.

(2) Зеленин Е.А. «Позднечетвертичные деформации Южной Камчатки» // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2017. № 3. Вып. 35. С. 103–111.

Рассматриваются разрывные нарушения, служащие проявлением позднечетвертичных деформаций Южной Камчатки. С использованием данных дистанционного зондирования Земли выделены как разломные уступы, так и магмопроводящие трещины, выраженные в рельефе цепочками шлаковых конусов, а также охарактеризована кинематика этих структур. Позднечетвертичные разломы Южной Камчатки, выявленные и описанные в статье, имеют сбросовую кинематику, а магмопроводящие трещины ориентированы вдоль оси полуострова, что свидетельствует о современном поперечном растяжении территории. Средняя скорость горизонтальных смещений по позднеплейстоценовым разломам за период накопления деформаций не превышает 1.6 мм/год, что на порядок меньше, чем скорость аналогичного раздвигания Центральной Камчатки – 17 мм/год. Таким образом, скорости деформаций увеличиваются к северному окончанию зоны субдукции, что соответствует модели растяжения из-за отступления желоба (так называемый «роллбэк») у края субдуцирующей плиты.

(3) Трифонов В.Г., Соколов С.Ю. «Подлитосферные течения в мантии» // Геотектоника. 2017. № 6. С. 3–17.

Источником разнообразных тектонических проявлений является общемантийная конвекция. Её восходящие ветви образованы суперплюмами типа Эфиопско-Афарского и Центрально-Тихоокеанского. От них распространяются верхнемантийные потоки, порождающие местами верхнемантийную конвекцию. Течения в верхней мантии обуславливают все плейт-тектонические процессы, а также внутриплитный магматизм и разуплотнение континентальной литосферы, возникающее при широком распространении коллизии и приводящее к усилению поднятий в орогенные этапы и особенно их главные стадии, к которым принадлежит плиоцен-четвертичная стадия новейшего этапа. Нисходящие ветви общемантийной конвекции представлены отторженными высоко-метаморфизованными фрагментами утолщённой континентальной литосферы и частью субдуцированных слэбов, погружающихся ниже переходного слоя мантии, тогда как большинство слэбов переходит в субгоризонтальные зоны на уровне переходного слоя мантии и участвует в верхнемантийной конвекции. Обоснованы и представлены оценки скоростей верхнемантийных подлитосферных течений для двух систем: Гавайи – Императорский хребет и Эфиопия–Аравия–Кавказ. Для системы Гавайи – Императорский хребет расчёт основан на прохождении астеносферного потока и перемещаемой им плиты над ответвлением Центрально-Тихоокеанского суперплюма. Скорость движения определялась по положению вулканов разного возраста (до 76 млн. лет) относительно активного вулкана Килауеа. Для системы Эфиопия–Аравия–Кавказ по возрасту вулканических извержений (от 55 до 2.8 млн. лет) определялось распространение астеносферного потока от Эфиопско-Афарского суперплюма в северных румбах. В обеих системах скорости верхнемантийных потоков варьировали в разные эпохи от 4 до 12

см/год и в среднем близки к 8 см/год. Анализ сейсмотомографических данных глобальной сети выявил под древними кратонами объёмы пород с повышенными скоростями сейсмических волн, распространяющиеся до глубин 2000–2200 км и интерпретируемые как отторженные фрагменты утолщённой континентальной литосферы. Такие объёмы по обеим сторонам Южной Атлантики погружались со средней скоростью 0.9–1.0 см/год одновременно с её раздвижением. Полученные оценки скоростей мантийных течений уточняют деформационные свойства мантии и регламентируют расчёты численных моделей мантийной конвекции.

(4) Трифонов В.Г., Соколов С.Ю. «Сопоставление тектонических фаз и инверсий магнитного поля в позднем мезозое и кайнозое» // Вестник РАН. 2017. Том 87, № 12. С. 1091–1097.

Рассматриваются хронологические соотношения двух групп явлений в истории Земли за последние 150 млн. лет. Первая группа – сравнительно короткие (первые миллионы лет) тектонические фазы, или фазы складчатости, выделенные Г. Штилле в 1924 г. и характеризующиеся усилением деформаций сжатия в подвижных поясах Земли. Происходящие в течение таких фаз деформации вполне объяснимы коллизионными взаимодействиями литосферных плит. Но эти взаимодействия не объясняют синхронности фаз в разных поясах и на разных континентах. Вторая группа – частота инверсий магнитного поля, т.е. смены северного полюса на южный и наоборот. Тектонические фазы проявляются чаще в эпохи частых инверсий магнитного поля. В последние 24 млн. лет, т.е. в течение неотектонического этапа, когда инверсии были особенно многочисленными, тектонические фазы следовали одна за другой с короткими интервалами. Для них намечается тенденция к отставанию пиков фаз на 1–2 млн. лет по отношению к интервалам наиболее частых магнитных инверсий. Выявленные хронологические соотношения указывают на то, что тектонические фазы и усиление вертикальных движений на неотектоническом орогенном этапе развития Земли обусловлены не только явлениями в литосфере, связанными с геодинамическими процессами в мантии, но и воздействием энергетических импульсов, возникающих в земном ядре и на границе ядра и мантии, где генерируется магнитное поле Земли. В геологическом масштабе времени это воздействие происходит быстро, что исключает конвективную передачу энергии. По мнению авторов, она осуществляется посредством действия на литосферу переменных объёмных сил, возникающих при изменении параметров течений в ядре, за которым следуют изменение режима вращения Земли и адаптация к нему литосферных масс. Глобальность таких воздействий объясняет синхронность проявления тектонических фаз и усиления вертикальных движений в плиоцен-четвертичное время в разных подвижных поясах на разных континентах.

#### 1.4.2. Статьи, которые подготовлены по данному проекту РФ и сданы в печать в 2017 г.

(5) Ozherelyev D.V., Trifonov V.G., Çelik H., Trikhunkov Ya.I., Frolov P.D., Simakova A.N. «Early Palaeolithic records in the Euphrates River basin, Eastern Turkey». Статья сдана в журнал «Quaternary International» и сейчас проходит стадию рецензирования.

Анализируются находки доашельского раннего палеолита, которые впервые были сделаны авторами в бассейне Евфрата в ходе полевых работ 2014–2016 гг. В нескольких стратифицированных местонахождениях были обнаружены чопперы, пики, другие орудия и отщепы. Они сходны с каменными инструментами, найденными в Армении и Дагестане. Помимо типологических характеристик, раннеплейстоценовый возраст турецких изделий обосновывается геоморфологическими, стратиграфическими, палеонтологическими и палеомагнитными данными. Некоторые из местонахождений находятся в слоях ниже слоёв палеомагнитного эпизода Олдувай, т.е. имеют возраст ~2 млн. лет. Новые раннепалеолитические открытия на востоке Турции важны для изучения древнейших культур Среднего Востока и Кавказа и определения геодинамических и палеогеографических условий их формирования. Кроме них, южнее Таврского хребта были обнаружены ашельские и среднепалеолитические каменные изделия, использованные для датирования террас.

(6) Shalaeva E.A., Trifonov V.G., Lebedev V.A., Avagyan A.V., Sahakyan L.H., Simakova A.N., Frolov P.D., Arakelyan D.A., Sokolov S.A., Tesakov A.S., Bachmanov D.M., Kolesnichenko A.A., Latyshev A.V., Belyaeva E.V., Lyubin V.P., Sychevskaya E.K., Kovalyova G.V., Khisamutdinova A.I. «Quaternary geology and origin of the Shirak Basin, NW Armenia». Статья сдана в журнал «Quaternary International» и сейчас проходит стадию рецензирования.

Обосновывается, что Ширакская впадина развивалась как тектоническая депрессия с позднего плиоцена до начала среднего плейстоцена и позднее была вовлечена в общее поднятие Малого Кавказа. Южный борт впадины образован плиоценовыми риолитовыми туфами местного происхождения и базальтовыми трахиандезитами, излившимися в южную часть впадины с расположенного западнее Дигорского нагорья. В позднем плиоцене и, возможно, начале гелазия, мощная озёрная толща накопилась, по данным Ю.В. Саядяна, в более северной части впадины.

2.3–2.0 млн. лет назад базальтовые трахиандезиты проникли в северную часть впадины с южного склона Джавахетского нагорья, перекрыв озёрную толщу. В калабрии и начале среднего плейстоцена во впадине накопились терригенные отложения мощностью более 150 м. Они разделены на карахачскую, анийскую и арапийскую свиты. Карахачская свита мощностью 20 м сложена песчано-галечным аллювием в верхней части, а в нижней преимущественно тонкозернистыми осадками застойных вод, частью озёрных. Анийская и арапийская свиты представляют два седиментационных цикла, каждый из которых начинается озёрными глинами, алевритами и диатомитами и заканчивается аллювиальными песками и галечниками. Карахачская свита распространена на северном борту впадины. Анийская свита врезана в поверхность карахачской свиты на 50–70 м на севере впадины и достигает там наибольшей мощности (до 150 м). Арапийская свита мощностью до 75 м врезана на 50–80 м в поверхность анийской свиты на севере и покрывает центральную и южную части впадины, распространяясь на юг дальше анийской свиты. Это доказывает прогрессирующее поднятие на севере впадины и смещение области озёрной седиментации к югу. Возраст свит обоснован комплексным использованием полученных авторами данных об остаточной намагниченности отложений, находками каменной индустрии древнейшего палеолита в карахачской свите, определениями фауны моллюсков в анийской и арапийской свитах и мелких млекопитающих в арапийской свите, результатами спорово-пыльцевого анализа и К-Аг датирования лав и туфов. Возраст карахачской свиты соответствует концу палеомагнитного эпизода Олдувай и раннему калабрию, анийской – позднему калабрию и самому началу среднего плейстоцена (~1.25–0.75 млн. лет), арапийской – началу среднего плейстоцена (0.7+0.05 млн. лет). Ширакская впадина ограничена флексурно-разломными зонами – Капской с севера и Транскавказского поперечного поднятия с востока. Вулканическая цепь Джавахетского хребта расположена на северном продолжении поднятия, а вулканы Мец-Шараилер (калабрий) и Арагац (~1–0.4 млн. лет) – на южном продолжении. Эти зоны деформаций не связаны с позднекайнозойским разломным каркасом региона, обусловленным коллизией. Вместе с тем, в течение всей эпохи опускания впадины происходили вулканические извержения на её обрамлениях. Синхронизм этих явлений указывает на генетическую связь формирования впадины с перемещениями и преобразованиями мантийного вещества, выраженными вулканизмом.

(7) Tesakov A.S., Titov V.V., Simakova A.N., Frolov P.D., Syromyatnikova E.V., Kurshakov S.V., Volkova N.V., Trikhunkov Ya.I., Sotnikova M.V., Kruskop S.V., Zelenkov N.V., Tesakova E.M., Palatov D.M. Late Miocene (Early Turolian) vertebrata faunas and associated biotic record of the Northern Caucasus: Geology, taxonomy, paleoenvironment, biochronology // Fossil imprint. 2017. Vol. 73, No. 3-4. Статья должна быть опубликована до конца 2017 г.

Статья посвящена стратиграфической привязке и анализу фауны позднемиоценовых отложений долины р. Белой в западной части северного склона Большого Кавказа. В стратиграфической части статьи приведены результаты обработки и анализа палеомагнитных данных, полученных Я.И. Трихунковым в 2017 г. в рамках работ по данному проекту РНФ.

(8) 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., Alkac 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». Статья сдана в журнал «Quaternary International» и сейчас проходит стадию рецензирования.

Показано, как плиоцен-четвертичная палеогеография долины р. Евфрат изменялась из-за левосдвиговых перемещений по Восточно-Анатолийской зоне разломов (EAFZ) и поднятия Таврского хребта, обусловленного перемещениями по Южно-Таврскому надвигу. Эти изменения доказываются приводимыми данными о плиоцен-четвертичных отложениях к северу и к югу от оси хребта и позднекайнозойских деформациях, включая смещения по EAFZ, для чего используется комплекс методов – геологическая и геоморфологическая корреляция разрезов, определения остаточной намагниченности, палеонтологических и археологических находок, пыльцевой анализ и К-Аг датирование вулканических пород. Слабо врезанные долины Евфрата и Мурата сформировались в плиоцене. Они расширились в тектонических депрессиях, заполнявшихся отложениями озёр и блуждающих водотоков. В раннем плиоцене Евфрат пересекал Таврский хребет, следуя на юг по грабенообразному трогу современной долины р. Султан-Сую и дальше по долинам нынешних притоков Евфрата Эрикдере и частично Гёксу-чай. Позднее сток был прерван из-за некоторого иссушения и поднятия Таврского хребта и возобновился в конце гелазия и раннем калабрии, а затем был снова прерван. В конце калабрия (~0.8–0.9 млн. лет назад), воды Евфрата нашли современный сток через Таврский хребет, и прежние днища долин Евфрата и его притоков стали обширной верхней террасой. После этого Таврский хребет поднялся более чем на 350 м. Нижние террасы сформировались из-за этого поднятия, которое было более интенсивным к

северу от Таврского хребта, чем к югу от него. Новообразованная современная долина Евфрата была смещена по EAFZ на 12 км, что даёт возможную скорость сдвига до 13–15 мм/год.

(9) 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». Статья сдана в журнал «Quaternary International» и сейчас проходит стадию рецензирования.

Представлены результаты изучения четвертичных террас рек Сочинского района СЗ Кавказа, пересекающих предгорные хребты. Выявленная геолого-геоморфологическим и топографическим методами деформация террас свидетельствует об активном складкообразовании. Комплексом методов (палеонтология, археология и корреляция с датированными морскими террасами) определён возраст террас и оценена скорость деформации.

#### **Описание выполненных в отчетном году работ и полученных научных результатов для публикации на сайте РНФ**

Проведены полевые исследования на Камчатке (южная часть Восточно-Камчатской зоны разломов), в крымской части Керченско-Таманской зоны, в Армении (юго-западное обрамление оз. Севан) и на северо-востоке Турции (районы городов Карс и Эрзрум). Выполнены разнообразные описания и измерения, собраны обширные коллекции ископаемой фауны (моллюски, крупные и мелкие млекопитающие и др.), образцы для анализов микрофауны (34 обр.), спор и пыльцы (39 обр.), остаточной намагниченности (575 обр.), петрохимического изучения и радиоизотопного датирования вулканических пород (34 обр.), палеолитических каменных индустрий. Сейчас собранные коллекции обрабатываются и анализируются для последующего обобщения в публикациях.

Результаты обработки и обобщения данных по теме проекта, как вновь полученных, так и собранных ранее, разделяются на относящиеся к отдельным районам и структурам и посвященные общим вопросам активной тектоники и плиоцен-четвертичной геодинамики. Результаты первой группы, в свою очередь, разделяются на посвященные активным разломам и плиоцен-четвертичной тектонике.

Активным разломам посвящена опубликованная статья Е.А. Зеленина «Позднечетвертичные деформации Южной Камчатки» (Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2017. № 3. Вып. 35. С. 103–111). В ней описаны сбросы и магмоподводящие трещины, указывающие на поперечное растяжение Южной Камчатки со скоростью не более 1.6 мм/год, что на порядок меньше скорости растяжения Центральной Камчатки – 17 мм/год. К этой же группе результатов относится подготовленная к сдаче в журнал статья А.И. Кожурина и А.Л. Строма «Активная сдвиговая тектоника Сахалина». В ней обосновывается существование на острове единой продольной активной правосдвиговой зоны с меняющейся вдоль ее простираания относительной величиной вертикальной компоненты, которая практически отсутствует на севере и велика в центре и на юге острова. Зона признана элементом системы правосдвиговых структур северной и западной периферии Тихого океана (переходной зоны), развивающихся из-за неортогонального сближения Тихоокеанской плиты с Евразийской и Северо-Американской.

Четвертичной тектонике Северо-Западного Кавказа посвящены две статьи, подготовленные Я.И. Трихунковым и его соавторами. В первой статье (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»), представленной в журнал «Quaternary International», деформацией речных террас доказываются позднечетвертичное развитие складок и разломов в Сочинском районе. Во второй статье (Трихунков Я.И., Бачманов Д.М., Гайдалёнок О.В. «Морфоструктура зоны сочленения Северо-Западного Кавказа и Керченско-Таманской области»), подготовленной для представления в журнал «Геоморфология», геоморфологическими данными обосновано существование субмеридиональной Абрау-Чекупской разрывно-флексурной зоны, развивающейся в четвертичное время в условиях поперечного растяжения и являющейся границей СЗ Кавказа и Керченско-Таманской складчатой области.

Три статьи посвящены плиоцен-четвертичной тектонике Восточной Турции и Северо-Западной Армении и представлены в журнал «Quaternary International». В статье В.Г. Трифонова и др. (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., Alkac 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») обоснованы неоднократные перестройки долины р. Евфрат в связи с левым сдвигом по Восточно-Анатолийской зоне разломов (до 12 км с конца калабрия), подъёмом Таврского хребта (более чем на 370 м с конца калабрия), обусловленным движениями по Южно-Таврскому надвику, и климатическими изменениями. В статье Д.В. Ожерельева и др. (Ozherelyev D.V., Trifonov V.G., Çelik H., Trikhunkov Ya.I., Frolov P.D., Simakova

A.N. «Early Palaeolithic records in the Euphrates River basin, Eastern Turkey») впервые представлены новые данные о находках в регионе древнейшего палеолита (1.7–2 млн. лет) и охарактеризованы палеогеография и геодинамика того времени. В статье Е.А. Шалаевой и др. (Shalaeva E.A., Trifonov V.G., Lebedev V.A., Avagyan A.V., Sahakyan L.H., Simakova A.N., Frolov P.D., Arakelyan D.A., Sokolov S.A., Tesakov A.S., Bachmanov D.M., Kolesnichenko A.A., Latyshev A.V., Belyaeva E.V., Lyubin V.P., Sychevskaya E.K., Kovalyova G.V., Khisamutdinova A.I. «Quaternary geology and origin of the Shirak Basin, NW Armenia») подробно охарактеризовано строение позднекайнозойской Ширакской впадины на северо-западе Армении. Показано что три выделенные в ней нижне-среднеплейстоценовые свиты представляют собой три цикла осадконакопления, в течение которых озёрные условия сменялись аллювиальными на фоне прогрессировавшего поднятия северной части впадины. Её образование связывается с перемещениями и преобразованиями в верхней мантии, выраженными вулканизмом на обрамлениях впадины. Важная деталь развития Ширакской впадины рассмотрена в статье Шалаевой Е.А., Соколова С.А., Лебедева В.А., Хисамудиновой А.И. «Корреляция туфа ленинканского типа и лав привершинной части вулкана Арагац», подготовленной для сдачи в журнал «Вулканология и сейсмология». В статье обосновывается отложение этого спекшегося туфа с возрастом около 0.68 млн. лет к северу от вулкана Арагац в результате направленного взрыва вершинной части вулкана.

Среди результатов, имеющих надрегиональное значение, отметим, прежде всего, сбор, обработку и анализ материалов, служащих основой для создания новой базы данных об активных разломах Евразии (БД). Разработаны принципы составления, методика редактирования и формат атрибутов БД, описанные в статье Д.М. Бачманова, А.И. Кожурина и В.Г. Трифонова «База данных активных разломов Евразии» (Геодинамика и тектонофизика. 2017. № 4) и предполагающие её постоянное пополнение и уточнение с появлением новых сведений об активных разломах. В настоящий момент БД содержит более 20000 географически привязанных разломов, зон разломов и связанных с ними структурных форм с признаками последних перемещений в позднем плейстоцене и голоцене. Каждый объект снабжён обосновывающими и оценочными атрибутами. Атрибуты первой группы – названия объектов, данные об их морфологии и кинематике, амплитуды смещений и скорости движений, возраст последних зафиксированных признаков активности, проявления сейсмичности и другие характеристики, а также сведения об источниках информации, список которых приложен к БД. Эти атрибуты позволяют получить конкретные сведения о разломах и оценить их обоснованность. Оценочные атрибуты – система индексов, отражающих кинематику разломов, ранг скорости позднечетвертичных движений (три градации) и степень достоверности выделения структуры как активной (четыре градации). Индексы позволяют сопоставлять объекты по любому из атрибутов между собой и с другими видами оцифрованной информации с помощью различных геоинформационных систем.

Две опубликованные статьи посвящены глубинным геодинамическим причинам важнейших тектонических явлений, в том числе усиления вертикальных движений в плиоцен-четвертичную стадию новейшего орогенного этапа. В первой статье (Трифонов В.Г., Соколов С.Ю. «Подлитосферные течения в мантии» // Геотектоника. 2017. № 6. С. 3–17) обосновываются некоторые характеристики общемантийной конвекции. Её восходящие ветви образованы суперплюмами типа Эфиопско-Афарского и Центрально-Тихоокеанского. От них распространяются верхнемантийные потоки, порождающие местами верхнемантийную конвекцию. Течения в верхней мантии обуславливают все плейт-тектонические процессы, а также внутриплитный магматизм и разуплотнение континентальной литосферы, приводящее к усилению поднятий в орогенные этапы и особенно их главные стадии, к которым принадлежит плиоцен-четвертичная стадия новейшего этапа. Нисходящие ветви общемантийной конвекции представлены отторженными высоко-метаморфизованными фрагментами утолщённой континентальной литосферы и частью субдуцированных слэбов, погружающихся ниже переходного слоя мантии, тогда как большинство слэбов переходит в субгоризонтальные зоны на уровне переходного слоя мантии и участвует в верхнемантийной конвекции. Обоснованы и представлены оценки скоростей верхнемантийных подлитосферных течений для двух систем: Гавайи – Императорский хребет и Эфиопия–Аравия–Кавказ. В обеих системах скорости верхнемантийных потоков варьировали от 4 до 12 см/год и в среднем близки к 8 см/год. Анализ сейсмотомографических данных глобальной сети выявил под древними кратонами объёмы пород с повышенными скоростями сейсмических волн, прослеженные до глубин 2000-2200 км и интерпретируемые как отторженные фрагменты утолщённой континентальной литосферы. Такие объёмы по обеим сторонам Южной Атлантики погружались со средней скоростью 0.9–1.0 см/год одновременно с её раздвижением. Полученные оценки уточняют деформационные свойства мантии и регламентируют расчёты численных моделей мантийной конвекции.

Предложенная модель мантийных процессов не объясняет синхронности проявления орогенных этапов и, прежде всего, их главной стадии, когда поднятие горных систем становится особенно интенсивным и приобретает наибольшее распространение. Причиной такой синхронности посвящена вторая статья (Трифонов В.Г., Соколов С.Ю. «Сопоставление тектонических фаз и

инверсий магнитного поля в позднем мезозое и кайнозое» // Вестник РАН. 2017. Том 87, № 12. С. 1091–1097). В ней рассматриваются хронологические соотношения кратковременных тектонических фаз усиления деформаций сжатия в подвижных поясах Земли (фаз Штилле) и частоты инверсий магнитного поля за последние 150 млн. лет. Тектонические фазы проявляются чаще в эпохи частых инверсий магнитного поля. В последние 24 млн. лет, т.е. в течение новейшего этапа, когда инверсии были особенно многочисленными, тектонические фазы следовали одна за другой с короткими интервалами. Для них намечается тенденция к отставанию пиков фаз на 1–2 млн. лет по отношению к интервалам наиболее частых магнитных инверсий. Выявленные хронологические соотношения указывают на то, что тектонические фазы и усиление вертикальных движений на новейшем орогенном этапе обусловлены не только явлениями в литосфере, связанными с мантийными процессами, но и воздействием энергетических импульсов, возникающих в земном ядре и на границе ядра и мантии, где генерируется магнитное поле Земли. В геологическом масштабе времени это воздействие происходит быстро, что исключает конвективную передачу энергии. По мнению авторов, она осуществляется посредством действия на литосферу переменных объёмных сил, возникающих при изменении параметров течений в ядре, за которым следуют изменение режима вращения Земли и адаптация к нему литосферных масс. Глобальность таких воздействий объясняет синхронность проявления тектонических фаз и усиления вертикальных движений в плиоцен-четвертичное время в разных подвижных поясах на разных континентах.

*на английском языке*

Field works were carried out in Kamchatka (southern part of the East-Kamchatka fault zone), Crimean part of the Kerch-Taman zone, Armenia (south-western surrounding of the Sevan Lake), and North-Eastern Turkey (Kars and Erzurum provinces). They included descriptions and measurements and collecting of fossils of mollusks, big and small mammals and other fauna, samples for micro-fauna (34 probes) and spore-pollen (39 probes) analyses, determination of remanent magnetic polarity (575 samples), radio-isotopic dating and petro-chemical studies of volcanic rocks (34 probes), and Paleolithic stone industries. These collections are being processed and analyzed for presentation in future publications.

The data obtained during 2017 or earlier falls into two groups: peculiarities of local tectonic structures and general problems of active tectonics and the Pliocene-Quaternary geodynamics.

The paper "Late Quaternary deformation of Southern Kamchatka" by E.A. Zelenin (already published in Bull. of Kamchatka regional association "Educational-Scientific Center. Earth Sci. 2017. No. 3, issue 35. P. 103–111) is devoted to active faults. Normal faults and hydrofractures under study demonstrate transverse extension of Southern Kamchatka with the rate not more than 1.6 mm/year that is in order less than the rate of extension of Central Kamchatka (17 mm/year). The paper "Active strike-slip tectonics of Sakhalin" by A.I. Kozhurin and A.L. Strom is ready for submission. The authors found that the island is ruptured by a longitudinal dextral strike-slip fault zone with vertical component of movements that is almost absent in the north and is high in central and southern parts of the island. The zone belongs to the system of dextral strike-slip structures that develops in the northern and western periphery of the Pacific because of non-orthogonal convergence of the Pacific plate with the Eurasian and North-American ones. Two papers are devoted to the Quaternary tectonics of the North-Western Caucasus. "Quaternary river terraces as indicators of the Northwestern Caucasus active tectonics" by Trikhunkov Ya.I., Zelenin E.A., Shalaeva E.A., Marinin A.V., Novenko E.Yu., Frolov P.D., Revunova A.O., Kolesnichenko A.A., and Novikova A.V., shows new data on deformation of fluvial terraces that proves Late Quaternary folding and faulting in the Sochi area. The paper is submitted to the "Quaternary International" journal.

"Morphostructure of the boundary zone between North-Western Caucasus and the Kerch-Taman zone" by Trikhunkov Ya.I., Bachmanov D.M. and Gaydalyonok O.V. represents geomorphological evidence of the N-trending Abrau-Cheкуп fault-flexure zone that was developing in the Quaternary under transverse extension and is considered to be a boundary between North-Western Caucasus and the Kerch-Taman folded zone. The paper is ready to be submitted to the "Geomorphology" journal.

Three papers represent results of studies of the Pliocene-Quaternary tectonics in Eastern Turkey and North-Western Armenia and are submitted to the "Quaternary International" journal. "Pliocene – Early Pleistocene history of the Euphrates valley applied to Late Cenozoic tectonics of northern Arabian Plate and its surrounding, Eastern Turkey" by 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., Alkac O., Latyshev A.V., Sychevskaya E.K., and Kolesnichenko A.A. represents data that proves repeated reconfiguration of the Euphrates River valley because of climatic changes, sinistral movements on the East Anatolian Fault Zone (up to 12 km since the end of the Calabrian) and uplift of the Taurus Ridge (more than 370 m since the end of the Calabrian) due to movements along the South Taurus Thrust. "Early Palaeolithic records in the Euphrates River basin, Eastern Turkey" by Ozherelyev D.V., Trifonov V.G., Çelik H., Trikhunkov Ya.I., Frolov P.D., and Simakova A.N. represents new data on finds of the Earliest Paleolithic (1.7–2 Ma) and characteristics of paleogeography and geodynamics of that time. "Quaternary geology and origin of the Shirak Basin,

NW Armenia” by Shalaeva E.A., Trifonov V.G., Lebedev V.A., Avagyan A.V., Sahakyan L.H., Simakova A.N., Frolov P.D., Arakelyan D.A., Sokolov S.A., Tesakov A.S., Bachmanov D.M., Kolesnichenko A.A., Latyshev A.V., Belyaeva E.V., Lyubin V.P., Sychevskaya E.K., Kovalyova G.V., and Khisamutdinova A.I. characterizes structure of the Late Cenozoic Shirak Basin in North-Western Armenia in details. It is shown that three identified Lower-Middle Pleistocene units belong to three cycles of sedimentation. Lacustrine conditions changed into alluvial during each cycle. Formation of units and their position was influenced by the uplift of the northern part of the basin on the one hand and volcanic eruptions along the basin’s southern boundary on the other hand. The authors conclude that the formation of the Shirak Basin was caused by motion and transformation of the mantle rocks expressed in volcanism in the basin surrounding. “Correlation of the Leninakan tuff and summit lavas of the Aragats Volcano” by Sokolov S.A., Shalaeva E.A., Lebedev V.A., and Khisamutdinova A.I. is devoted to such a prominent feature of the Shirak Basin as ignimbrites. The paper discusses new data on K-Ar dating, petrochemistry, stratigraphy of trachyte-dacite ignimbrite produced by the Aragats Volcano. The paper is ready for submission to the “Volcanology and seismology” journal.

Results related to general problems of active tectonics have been achieved by collecting, processing and analysis of materials that now form a basis for new database of active faults of Eurasia (DB). Newly established principles of compilation, methods of edition and format of attributes of the DB are described in the paper “The Active Faults of Eurasia Database” by Bachmanov D.M., Kozhurin A.I. and Trifonov V.G. (Geodynamics and Tectonophysics. 2017. Vol. 8, issue 4). The database contains more than 20000 georeferenced faults, fault zones and associated structures with records of last displacement in the Late Pleistocene and/or Holocene. Configuration of database allows to correct data already included or to add new information. Each object is supplied with reasoning and estimating attributes. The reasoning attributes are names, data on morphology and kinematics, magnitudes of offsets and rates of movements, ages of last registered records of activity, manifestations of seismicity, and other characteristics as well as references to sources of information (the list of them is applied to the database). These attributes give a possibility to obtain specific characteristics on faults and estimate their reliability. The estimating attributes are a system of indexes that demonstrate kinematics of faults, rank of rates of the Late Quaternary movements (three gradations), and reliability of identification of a fault as an active one (four gradations). Indexes give a possibility to compare faults between themselves by any attributes and with other digital information by using different GIS.

Two published papers are devoted to the deep-seated geodynamic sources of the most important tectonic phenomena including acceleration of vertical movements during the Pliocene-Quaternary stage of the recent orogenic epoch. In the paper “Sublithospheric flows in the Mantle” by Trifonov V.G. and Sokolov S.Yu. (Geotectonics. 2017. Vol. 51, No. 6. P. 535–549), some characteristics of the whole-mantle convection are argued. Its ascending branches are formed by super-plumes of the Ethiopian-Afar and Central-Pacific type. Lateral upper-mantle flows spread out of them, forming upper-mantle convection in some regions. The upper-mantle flows cause all plate-tectonic processes as well as intraplate magmatism and reduction of density of the continental lithosphere that leads to acceleration of uplifts during the orogenic epochs and particularly their main stages like the Pliocene-Quaternary stage of the neotectonic epoch. The descending branches of the whole-mantle convection are represented by detached highly metamorphosed fragments of the thickened continental lithosphere and a part of subducted slabs that are subsided lower than the transitional layer of the mantle, while a majority of the slabs transforms into sub-horizontal lenses in the transitional layer and participates in the upper-mantle convection. The estimated rates of upper mantle sublithospheric flows in the Hawaii–Emperor Range and Ethiopia–Arabia–Caucasus systems are reported. Both systems are characterized by variations in a rate of the upper mantle flows in different epochs from 4 to 12 cm/yr, about 8 cm/yr on average. Analysis of the global seismic tomographic data have made possible identifying rock volumes with higher seismic wave velocities under ancient cratons; rocks reach a depth of 2000–2200 km and are interpreted as detached fragments of the thickened continental lithosphere. Such volumes on both sides of the South Atlantic were submerged at an average rate of 0.9–1.0 cm/yr along with its extension. The estimated rates of the mantle flows clarify the deformation properties of the mantle and regulate the numerical models of mantle convection.

The described model of the mantle processes does not explain synchronism of phenomena of the orogenic epochs and first of all their main stages, when uplifting of mountain systems becomes particularly intense and widespread. The source of this synchronism is discussed in the paper “Correlation of tectonic phases and inversions of magnetic polarity in the Late Mesozoic and Cenozoic” by Trifonov V.G. and Sokolov S.Yu. (Gerald of the Russian Academy of Sciences. 2017. Vol. 87, No. 12. P. 1091–1097). The results of chronological correlation of short tectonic phases of intensification of compressive deformation on the mobile belts of the Earth (the Stille phases) and frequency of inversion of magnetic polarity during the last 150 Ma are reported. Tectonic phases are more often in the epochs of frequent inversion of magnetic polarity. They have followed each other with short time intervals within the last 24 Ma, i.e., during the neotectonic epoch, when the inversions were particularly frequent. At that time, the peaks of the tectonic phases are behind the intervals of the most frequent inversions at 1 to 2 Ma.

The found chronological relationships show that tectonic phases and intensification of uplifting during the neotectonic orogenic epoch are caused not only by the lithospheric phenomena due to the mantle geodynamic processes, but also by influence of the energy pulses that are formed within the Earth's core and on its boundary with the mantle, where the Earth's magnetic field originates. This influence occurs geologically quickly that excludes the convective transmission of the energy pulses. The authors consider that it is realized in the lithosphere by influence of the variable volumetrical forces originating due to changes of parameters of the core flows that are followed by changes of the Earth's rotation regime and adaptation of the lithosphere to these changes. Global distribution of such influence explains the synchronism of the phenomena of tectonic phases and intensification of vertical movements in the Pliocene-Quaternary in different mobile belts of the continents.

**Информация о представлении достигнутых научных результатов на научных мероприятиях (конференциях, симпозиумах и пр.)**

Четыре устных доклада на международной конференции INQUA-SEQS "Quaternary stratigraphy and hominids around Europe: Tautavel (Eastern Pyrenees)", Тутавель, Франция, 10–15 сентября 2017 г.:

Trifonov V., Ozherelyev D., Tesakov A., Simakova A. Environmental and geodynamic settings of migration of the earliest hominine to the Arabian-Caucasus region

Trikhunkov Y.I., Trifonov V.G., Latyshev A.V., Shalaeva E.A., Bachmanov D.M., Kozhurin A.I. Using of paleomagnetic data for correlation of the Pliocene-Quaternary sequences of Arabian-Caucasus region.

Frolov P.D., Kurshakov S.V. The Early Pleistocene freshwater fauna from the Lower Don river area and Taman Peninsula.

Shalaeva E.A., Trifonov V.G., Avagyan A.V., Sahakyan L.H., Simakova A.N., Trikhunkov Y.I., Frolov P.D., Sokolov S.A., Tesakov A.S., Lebedev V.A., Titov V.V., Belyaeva E.V. Comparison of Quaternary sedimentary sequences of the West Sevan Basin and basins of NW Armenia.

Подпись руководителя проекта \_\_\_\_\_/В.Г.Трифонов/