

## **ОТЧЕТ О ВЫПОЛНЕНИИ ПРОЕКТА**

### **Заявленный в проекте план работы научного исследования на отчетный период**

I. Завершение редподготовки и публикация в рецензируемых журналах пяти статей, перечисленных в задании I плана работ на 2020 г. в разделе 4.3.

II.1. Научные командировки В.Г. Трифонова, С.Т. Гариповой, А.Н. Симаковой, С.А. Соколова, П.Д. Фролова и Е.А. Шалаевой в Восточную Турцию на 15 дней для проведения полевых работ по изучению стратиграфии и строения верхнемиоцен-четвертичных межгорных впадин и вулканических образований; обработка полевых материалов.

II.2. Усовершенствование Базы данных об активных разломах (уточнение параметров активных разломов, усовершенствование формы их записи и способов сопоставления с другими видами информации) и системы поиска сведений об активных разломах и неотектонике на сайте Геологического института РАН.

II.3. Подготовка и представление в рецензируемые журналы пяти статей, представляющих собой развитие и завершение исследований, начатых по проекту РНФ в 2017–2019 гг. и перечисленных в задании II.3 плана работ на 2020 г. в разделе 4.3.

II.4. Обобщение данных по основным направлениям исследований проекта 2017–2019 гг.

1. Обобщение данных о неотектонике Керченско-Таманской складчатой области – исполнитель О.В. Гайдалёнок.

2. Обобщение данных о геологии Ширакской новейшей впадины и ее окружения – исполнитель Е.А. Шалаева.

III.1. Неотектонические исследования в Центральной Азии.

(1) Обобщение и анализ ранее полученных данных по плиоцен-четвертичной тектонике и поднятию южной части Центральной Азии от Гималаев до Тянь-Шаня;

(2) Структурно-геоморфологический анализ – характеристика поднятия северной части Центральной Азии над соседними областями и дифференциации поднятия в ее пределах путем исследования модели рельефа с 3" разрешением и космических изображений;

(3) Анализ строения верхней мантии под Центральной Азией в сравнении с соседними регионами и выражения ее границ на верхнемантийном уровне на основе мировых баз сейсмоотографических данных;

(4) Проведение полевых работ сроком 20 дней в западной и центральной частях Республики Монголия. Будут изучаться структурное выражение восточной границы Центрально-Азиатского сектора Азии, уточняться данные по активности разломов вблизи этой границы, выявляться геолого-геоморфологические характеристики Хангайского свода и отражение новейших движений в осадках впадин.

III.2. Выявление и характеристика активных разломов в соседних с Евразией морях и включение этих сведений в Базу данных, а также создание в ней отдельного слоя с особыми атрибутами, который представлял бы генерализованные разломные зоны в рабочем масштабе 1:5000000.

### **Сведения о фактическом выполнении годового плана работы**

I. В 2020 г. завершена редподготовка и осуществлена публикация пяти статей по теме проекта, индексируемых в системах Web of Science и/или Scopus. Кроме того, опубликованы четыре статьи в материалах совещаний, индексируемые в системе РИНЦ. Планировавшееся издание статьи Гайдаленко О.В., Соколова С.А., Фролова П.Д. Позднекайнозойская складчатая структура Керченско-Таманской области // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле, не состоялось из-за задержки одного из отзывов рецензента. В настоящее время все отзывы получены, статья находится в редподготовке. Ожидается, что она будет опубликована в одном из первых номеров 2021 г.

II. Выполнены дополнительные работы в развитие исследований, проводившихся по проекту в 2017–2019 гг., а именно:

II.1. Осуществлены научные командировки О.В. Гайдаленок, А.Н. Симаковой, С.А. Соколова, Я.И. Трихункова, П.Д. Фролова и Е.А. Шалаевой в Восточную Турцию на 11 дней с 10 по 21 октября, где они совместно с проф. Х.Челиком (Фуратский ун-т, г. Элязиг, Турция) провели после открытия воздушного сообщения с Турцией полевые работы по изучению стратиграфии и строения верхнемиоцен-четвертичных межгорных впадин и вулканических образований; В.Г. Трифонов не принял участия в полевых работах, поскольку был в это время госпитализирован.

Наиболее важные работы были выполнены на юго-западном борту Хорасанской впадины (район с. Пекечик), где была уточнена новейшая структура, описан полный разрез верхнего плиоцена и гелазия (рис. 1 в Приложении), сделаны новые находки фауны, отобраны палинологические (10 шт.) и палеомагнитные (более 200) образцы. Полевые материалы обработаны. Это позволило более обоснованно выделить здесь следы акчагыльской трансгрессии Каспийского моря и датировать их концом плиоцена. Данные по Пекечику сопоставлены со следами акчагыльской трансгрессии на западном борту Ширакской впадины (разрез Демиркент), где выделены четыре палинологические зоны, указывающие на позднеплиоценовую трансгрессию моря и последующее опреснение бассейна. Полученные данные позволили дополнить и исправить с учетом отзывов рецензентов статью А.Н. Симаковой и других участников проекта «New data on the brackish-water Caspian-type Upper Pliocene – Lower Pleistocene deposits in NE Turkey», сданную в журнал *Quaternary International* в 2019 г. Исправленная статья направлена в редакцию журнала и будет опубликована в 2021 г.

В ходе полевых работ в Турции получены также новые данные о строении и характере разрезов Бингёльской и западной части Эрзрумской впадин, которые будут использованы в будущих публикациях по проекту.

Кроме Турции, участники проекта выполнили кратковременные полевые исследования на Таманском п-ве и в Крыму. С.А. Соколов и П.Д. Фролов осуществили работы в районе ст. Ахтанизовская с целью уточнения стратиграфии нижнечетвертичных морских и континентальных отложений, отличающихся уникальным фаунистическим комплексом (26–29.07.2020). Проведен сбор палеонтологического материала и образцов для магнито-стратиграфического опробования. Тогда же Я.И. Трихунков отобрал образцы для магнито-стратиграфического опробования в разрезе горы Тиздар. Работы О.В. Гайдалёнок (20–25.08.2020) были направлены на обоснование возраста геологического разреза археологической стоянки Пересыпь на севере Таманского п-ва (рис. 2 в Приложении). Отобраны образцы для магнито-стратиграфического опробования. На основе сопоставления с соседними разрезами Синей Балки [Тесаков и др., 2019], предполагается принадлежность разреза Пересыпь к толще 2 (1.3–0.78 млн лет) или толще 3 (средний–поздний плейстоцен). А.С. Соколов также описал разрез и отобрал образцы для магнито-стратиграфического опробования в пещере Таврида (Крым), ставшей известной благодаря недавней находке в ней комплекса фауны крупных млекопитающих (04–06.10.2020). Собранные материалы обрабатываются. Они позволят уточнить плиоцен-четвертичную историю региона.

II.2. На всей площади покрытия Базой данных активных разломов Евразии (БД) Д.М. Бачманов провел дополнительную работу по приведению БД к единой детальности изображения объектов и единой форме записи атрибутивных данных. С учетом дополнительных новых материалов уточнены, детализированы и дополнены данные по регионам, недостаточно охарактеризованным ранее, в том числе, Южной Европы, Средиземноморья, Юго-Восточной Азии, Дальнего Востока и северо-востока России. В результате детализации (сегментации) уже имевшихся и внесения новых данных создано более 5 тыс. дополнительных объектов с обособленными характеристиками. В настоящее время БД включает более 40 тыс. объектов.

Д.М. Бачманов усовершенствовал систему поиска сведений об активных разломах и неотектонике и пользования Базой данных об активных разломах. На сайте Геологического института РАН <http://ginras.ru> в разделе Лаборатории неотектоники и современной геодинамики [http://neotec.ginras.ru/index/mapbox/database\\_map.html](http://neotec.ginras.ru/index/mapbox/database_map.html) размещен

новый дополнительный ресурс, представляющий Базу данных в виде электронной карты с повышенной скоростью визуализации, выразительным ранжированием объектов и удобным средством скачивания требуемых фрагментов БД. Всего создано 175 фрагментов БД размером 4x6°, отвечающих номенклатуре листов геологических карт масштаба 1:1000000 и покрывающих все области Евразии со значимыми проявлениями активной тектоники. Эти фрагменты доступны для скачивания на странице <http://neotec.ginras.ru/index/database/sheets.html> в виде растровых изображений листов карты активных разломов, а также файлов с полной атрибутивной информацией в векторных форматах SHP и KMZ, удобных для сопоставления с другими видами геологических данных в любых ГИС-программах.

П.3. Новые данные о плиоцен-четвертичной тектонике и активных разломах, являющиеся развитием исследований, выполненных по проекту в 2017–2019 гг., представлены в рецензируемые журналы в виде следующих статей:

П.3.1. Трифонов В.Г., Соколов С.Ю., Соколов С.А., Хессами Х. Мезозойско-кайнозойская структура Черноморско-Крымско-Кавказско-Каспийского региона и её соотношения со строением верхней мантии // Геотектоника. Статья опубликована.

П.3.2. Trikhunkov Ya., Kangarli T., Frolov P., Bachmanov D., Shalaeva E., Simakova A., Latyshev A., Aliev F. Estimation of the Eastern Caucasus Quaternary uplift based on the study of the Akchagylian marine deposits // Quaternary International. Статья сдана в печать.

Завершается подготовка к сдаче в печать еще трех статей:

П.3.3. Kozhurin A.I. Active faults in Sakhalin revisited, and the Okhotsk minor lithospheric plate (заглавие предварительное). Степень готовности статьи ~80%. Планируется направить статью для публикации в журнал «Asian Journal of Earth Sciences».

П.3.4. Трихунков Я.И., Сыромятникова Е.В., Тесаков А.С., Буланов С.А., Латышев А.В., Кравченко М.М. Стратиграфия и история развития Зайсанской впадины. Статья готовится к отправке в редакцию: готова стратиграфическая часть; завершается описание палеонтологических коллекций. Планируется направить статью для публикации в журнал «Стратиграфия. Геологическая корреляция».

П.3.5. Shalaeva E.A., Frolov P.D., Trifonov V.G., Avagyan A.V., Trikhunkov Ya.I., Sahakyan L., Simakova A.N., Sokolov S.A., Titov V.V., Lebedev A.V., Latyshev A.V., Tesakov A.S., Çelik H., Hisamutdinova A.I., Orlov A. Pliocene-Quaternary deposits of the SW Sevan Lake coast and its correlation to the Late Cenozoic Basin deposits in NW Armenia and adjacent Turkey // Quaternary International. Задержка со сдачей этой статьи в печать обусловлена публикацией с участием некоторых авторов планируемой статьи (Avagyan A.V., Sahakyan L., Shalaeva E.A., Sokolov S.A.) другой статьи на близкую тему [Avagyan et al., 2020], куда вошла часть материалов запланированной нами статьи, но, несмотря на нашу просьбу к ведущему автору, не была сделана ссылка на наш грант РФФИ. Чтобы избежать частичных повторов, приходится перерабатывать нашу статью, что задерживает ее сдачу в печать.

П.4. В значительной мере завершено обобщение данных о плиоцен-четвертичной тектонике Крымско-Кавказского региона, представляемых в виде диссертаций на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук:

П.4.1. Подготовлена и принята к защите диссертация О.В. Гайдалёнок «Структура Керченско-Таманской зоны складчатых деформаций Азово-Кубанского прогиба». Диссертация и автореферат представлены на сайте ГИН РАН. Защита диссертации, первоначально назначенная на 28 мая 2020 г., перенесена из-за «Ковид-19» пока на 17 декабря 2020 г. и может отодвинуться дальше. В диссертации обоснованы три защищаемых положения:

(1) Керченско-Таманская складчатая зона характеризуется поперечной сегментацией. С запада на восток выделены 5 сегментов. Возраст основной фазы складчатых деформаций Керченско-Таманской зоны изменяется по простиранию. Самый молодой, четвертичный, возраст имеют складки центрального Таманского сегмента (III), продолжающие развиваться до сих пор. В сторону периферии Керченско-Таманской зоны возраст основной фазы складкообразования удревняется до плиоцена в сегментах II и IV и конца раннего–начала среднего миоцена на крайнем западе и востоке зоны (сегменты I и V).

(2) Западное и восточное ограничения занимающего центральное положение в строении Керченско-Таманской складчатой зоны самого молодого Таманского сегмента (III) выражены зонами поперечных нарушений, по которым сегмент опущен. Аналогичные зоны разломов ограничивают всю Керченско-Таманскую складчатую зону с запада и востока, отделяя ее от Центрально-Крымского и Ставропольского поднятий, соответственно.

(3) Керченско-Таманская зона складчатых деформаций ограничена с юга тектоническим поднятием, которое является продолжением структур Горного Крыма на западе и Северо-Западного Кавказа (Псебепского антиклинория) и зоны Южного склона Большого Кавказа (Новороссийского синклинория) – на востоке.

II.4.2. Завершается написание диссертации Шалаевой Е.А. «Геология позднекайнозойской Ширакской впадины и ее обрамлений, Малый Кавказ». Обобщены данные о плиоцен-четвертичных осадочных и вулканических породах Ширакской впадины, полученные в ходе полевых работ 2015–2020 гг. на территории Западной Армении и Восточной Турции. На основе изучения стратиграфии, абсолютного и относительного датирования в осадочном комплексе Ширакской впадины выделены акчагыльские морские отложения (поздний плиоцен) и три четвертичные свиты озерно-аллювиальных отложений – карахачская (верхи гелазия – низы калабрия), анийская (средний и верхний калабрий) и арапийская (низы среднего плейстоцена). На основе изучения высотного положения морских отложений и четвертичных свит выявлено относительное поднятие западной части впадины относительно восточной на ~160 м, что подтверждает существование Ахурянского разлома в долине р. Ахурян. Анализ геоморфологии и площадного распространения четвертичных свит впадины привел к выводу о смещении циклов седиментации в четвертичное время с севера на юг, что связано с вовлечением северной части впадины в поднятие Базумского хребта. Со среднего плейстоцена впадина вовлекается в общее поднятие Малого Кавказа со скоростью более 0.6 мм/год. Сопоставление истории накопления плиоцен-четвертичных отложений и, соответственно, прогибания впадины, с историей вулканической активности ее обрамления позволило связать прогибание с магматической активностью региона и отнести впадину к категории вулканотектонических. На основе сопоставления Ширакской и других позднекайнозойских впадин региона оценена относительная роль перемещений по разломам как проявления коллизионного взаимодействия блоков литосферы и магматизма как проявления мантийных преобразований в образовании разных впадин.

III. Работы, проведение которых вытекает из цели проекта РНФ 2017–2019 гг. и, вместе с тем, представляет собой новые направления исследований

### III.1. Неотектонические исследования в Центральной Азии

III.1.1–3. Обобщены и проанализированы ранее полученные предшественниками и нами данные о тектонической зональности и активной тектонике Центральной Азии, плиоцен-четвертичной тектонике ее южной части от Гималаев до Тянь-Шаня; выполнен структурно-геоморфологический анализ и обоснованы поднятие северной части Центральной Азии над соседними областями и дифференциация поднятия в ее пределах путем исследования модели рельефа с 3" разрешением и космических изображений; выполнен анализ строения верхней мантии под Центральной Азией в сравнении с соседними регионами и выражения ее границ на верхнемантийном уровне на основе объемной модели вариаций скоростей продольных (P) волн MIT-P08 [Li et al., 2008]; сопоставлено строение верхней мантии региона с его новейшей тектоникой и параметрами активных разломов. В ходе изучения новейшей структуры и активной

тектоники Центральной Азии и ее сопоставления со строением верхней мантии региона построены 12 геоморфологических профилей и совпадающих с ними разрезов верхней мантии, пересекающих регион в поперечном (субмеридиональном) и продольном (субширотном) направлениях, а также серия геоморфологических профилей отдельных неотектонических зон и три горизонтальных сечения верхней мантии на разных глубинах. Результаты исследования изложены в двух статьях, представленных для опубликования в журнал «Геотектоника».

III.1.4. Поскольку в 2020 г. из-за Ковид-19 и эпидемии чумы сообщение с Монголией было закрыто, планировавшиеся в западной и центральной частях Республики Монголия полевые работы сроком 20 дней были перенесены в смежную с ними южную часть Республики Тыва, где находятся продолжения выделяемых в Монголии неотектонических подразделений и сходные с ними образования. В частности, в южных районах Тывы расположены северная часть впадины оз. Убсу-Нур (северной в системе впадин Больших Озер), ее северное ограничение – хр. Танну-Ола и одноименная разломная зона, прослеживаемая между ними в основании горного сооружения. Основными объектами работ стали верхнекайнозойский разрез северная часть впадины Убсу-Нур и Южно-Танну-Олинская зона разломов (рис. 3 в Приложении). Были исследованы также северные ограничения хр. Восточный Танну-Ола и Эрзин-Агордагская зона разломов. Задачей полевого исследования было уточнить стратиграфию впадины оз. Урсу-Нур и обосновать ее сбором палеонтологических и палеомагнитных коллекций, выявить проявления активности указанных разломов в современном рельефе и новейших отложениях, определить кинематику разрывных нарушений и амплитуды смещений по ним. Полевые работы в Тыве сроком 20 дней были выполнены в сентябре, когда открылось воздушное сообщение Москвы с Кызылом. В работах участвовали исполнители проекта С.А. Соколов, П.Д. Фролов и С.Т. Гарипова совместно с Е.А. Зелениным (ГИН РАН), С.А. Булановым (Ин-т географии РАН) и Ю.В. Бутанаевым (Ин-т комплексного освоения природных ресурсов СО РАН).

Были обследованы проявления активности Южно-Танну-Олинского разлома в долинах р. Ирбитей, Хоолу, Деспен. В обнажениях в долине р. Холлу и в оврагах Козий и Заячий был изучен комплекс новейших отложений для выявления активных тектонических структур дизъюнктивного и пликвативного характера. Также были исследованы долина р. Тес-Хем и прилегающие территории к северу от пос. Эрзин, на востоке Убсу-Нурской впадины.

В районе долины р. Ирбитей были обследованы два разлома Южно-Танну-Олинской зоны. Первый разлом расположен в районе выхода реки на предгорную равнину, разрывное нарушение здесь проявлено в виде узкой грабенообразной долины субширотного простирания. В пересечении долины и реки происходит сужение и коленообразный изгиб русла, пропадают надпойменные террасы. Второй разлом расположен севернее и выражен более широкой долиной также субширотного простирания. На ее южных склонах отчетливо проявлены фасеты, наблюдаются подпруживание, изгибы и смещения русел стекающих в долину водотоков, указывающие на праводвиговый характер движения по разлому. В месте пересечения разломной зоны и долины Ирбитей обнаружены искажение террасового комплекса, сужение долины и ряд других морфологических признаков активного разрывного нарушения.

В строении комплекса отложений р. Хоолу обнаружена локальная антиклинальная складка в позднемиоценовых породах, северное крыло которой выполаживается с приближением к фронту гор, в южном крыле обнаружены малоамплитудные взбросы. Фронт горного сооружения отличается линейной морфологией с хорошо выраженными фасетами, формирующими несколько смещенных друг относительно друга уступов. Новейшие отложения р. Хоолу в месте выхода реки на предгорную равнину залегают горизонтально, на левом берегу реки обнаружен крупный скальный оползень, сложенный породами палеозоя, он покоится на породах миоцена. В месте пересечения субширотного Южно-Танну-Олинского разлома и реки проявлена праводвиговая кинематика, накопленное смещение по разрыву оценивается примерно в 300 м.

В оврагах Козий и Заячий расположенных к западу и востоку от долины р. Деспен соответственно, позднемиоценовые и подстилающие их палеогеновые отложения дислоцированы. В Козьем на удалении от гор породы выполаживаются от 30° до 10–15°. В Заячьем ситуация обратная: полого залегающая толща пород на юг резко наращивает углы падения вплоть до 78°. На пересечении зоны Танну-Олинского разлома с рекой Деспен наблюдается относительно широкая

заболоченная приразломная долина, река подпружена, русло смещено, на склонах долины проявлены свежие разломные уступы, в отложениях наблюдаются сейсмодислокации.

Таким образом, Южно-Танну-Олинская разломная зона проявляет признаки активного правосдвигового смещения с амплитудой более 300 м, выраженного в строении современного рельефа и новейших отложениях. В последних, кроме того, обнаружены локальные новейшие пликативные и дизъюнктивные нарушения, не проявляющие сейчас признаков активности.

К северу от пос. Эрзин наблюдается коленообразный изгиб р. Тес-Хем, спрямление и сужение ее русла и смещение водоразделов. Неподалеку расположено древнее захоронение, обнесенное каменным кольцом, в южной части которого, в створе предполагаемого разлома, кладка нарушена и смещена. В надпойменной террасе р. Тес-Хем обнаружена плоскость сместителя, нарушающая строение аллювиальных отложений.

Полученные материалы будут использованы в 2021 г. при подготовке публикации по результатам исследований.

III.2. Д.М. Бачмановым начат сбор данных по картированию и параметризации активных разломов в соседних с Евразией акваториях и оценка целесообразности внесения в БД этих дополнительных сведений. Начата также работа по созданию дополнительного обобщающего слоя Базы данных, в котором группы взаимосвязанных разломов при их рассмотрении в масштабе 1:5000000 объединяются в более крупные объекты (разломные зоны) с параметрами, обобщающими свойства включенных в них отдельных разломов. Разработан предварительный вариант системы атрибутов этого слоя, где уже имеющиеся в БД индексные поля могут быть дополнены параметрами, уточняющими кинематические и сейсмические характеристики разломных зон. Создана пробная серия объектов обобщающего слоя, представляющих ряд крупнейших разломных зон Евразии, на примере которых начата предварительная оценка их атрибутов. Более подробная характеристика этих работ несвоевременна, поскольку срок выполнения задания – 2021 г.

Итак, Ковид-19 и другие привходящие обстоятельства привели к изменениям в выполнении планов работ (например, полевые работы в Монголии были заменены на работы в Тыве). Тем не менее, по основным показателям (количество статей, опубликованных и сданных в печать; объемы проведенных полевых, камеральных и аналитических работ) плановые задания выполнены полностью.

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

I. Результаты, представленные в опубликованных статьях, индексируемых в системах Web of Science и/или Scopus:

I.1. Гайдаленок О.В., Соколов С.А., Измайлов Я.А., Фролов П.Д., Титов В.В., Тесаков А.С., Трифонов В.Г., Латышев А.В., Орлов Н.А. Новые данные о позднечетвертичном складкообразовании и деформации рельефа на севере Таманского п-ова, Краснодарский край // Геоморфология. 2020. № 1. С. 53–67. DOI: 10.31857/S0435428120010046

Исследованы фрагменты брахиантиклинальной складки на юго-западном берегу Динского залива Таманского п-ова. Уточнен древнеэвксинский (конец раннего – начало среднего неоплейстоцена) возраст как северного крыла антиклинали, представленного изгибом слоев до 40–42°, так и юго-восточного, где слои выполаживаются от 15–16° до почти горизонтального залегания. Впервые проведено палеомагнитное опробование разреза юго-восточного крыла, а в его основании найден рог оленя, датируемый ранним плейстоценом (гелазий–начало калабрия). Выявленную складчатую деформацию в сглаженном виде повторяет установленный геоморфологическими методами изгиб поверхности свода, сложенный делювиальными суглинками и супесями верхов среднего и/или верхнего неоплейстоцена. На основе описанной и подобных ей деформаций в других частях Таманского п-ова делается вывод об интенсивных складкообразовательных движениях на полуострове во второй половине неоплейстоцена.

I.2=II.3.1. Трифонов В.Г., Соколов С.Ю., Соколов С.А., Хессами Х. Мезозойско-кайнозойская структура Черноморско-Кавказско-Каспийского региона и её соотношение со строением верхней мантии // Геотектоника. 2020. № 3. С. 55–81. DOI: 10.31857/S0016853X20030108

Охарактеризованы мезозойско-кайнозойская тектоническая зональность и её эволюция в Черноморско-Кавказско-Каспийском регионе (рис. 4 в Приложении). В ранней юре к северу от океана Мезотетис располагались: эпигерцинская подвижная область (Сомхето-Карабахская зона и Восточный Понт); Мезийско-Черноморско-Закавказская малая плита с докембрийско-байкальским фундаментом, подвергшимся на Малом Кавказе герцинской тектоно-магматической переработке; относительно глубоководный Крымско-Кавказско-Южнокаспийский прогиб на континентальной коре, утонявшейся по мере её растяжения; южный край Скифской плиты с маломощными осадками. На Кавказе выделяются также южный и северный склоны глубоководного прогиба, где накопились мощные шельфовые отложения. В байосе, с началом субдукции на северном краю Мезотетиса, в Сомхето-Карабахской зоне и Восточном Понте, на закавказской части Мезийско-Черноморско-Закавказской плиты и на южном склоне глубоководного прогиба проявился островодужный вулканизм, который в Сомхето-Карабахской зоне и Восточном Понте продолжался в мелу. Его наследовал эоценовый коллизионный вулканический пояс. Крымская часть Крымско-Кавказско-Южнокаспийского прогиба и его северный склон на Кавказе испытали киммерийские деформации, после которых до начала миоцена там накапливались шельфовые фации, тогда как в кавказско-южнокаспийской части прогиба продолжалось относительно глубоководное осадконакопление. Западно-Черноморская и Восточно-Черноморская впадины растяжения возникли в мелу и развивались, заполняясь морскими отложениями позднего мела, палеогена и миоцена, на утонявшейся континентальной коре Мезийско-Черноморско-Закавказской плиты. В плиоцен–четвертичное время происходило общее прогибание и недифференцированное осадконакопление в Черном море, усилилось опускание Южного Каспия, Азово-Кубанского и Терско-Дербентского прогибов. В горных частях региона в среднем и позднем миоцене произошли многофазные разломно-складчатые деформации, которые привели к образованию дифференцированных поднятий. В плиоцен–квартере произошло общее поднятие горных сооружений. Сравнение возникшей коровой структуры со скоростными неоднородностями верхней мантии показало, что многие из них стерты подлитосферными потоками, распространявшимися от Эфиопско-Афарского суперплюма. Там, где интенсивность потоков ослабевала, сохранились реликты субдуцированных слэбов Неотетиса в Загросе, Мезотетиса в Нижне-Куруинской впадине и литосферы Скифской плиты, пододвинутой под Центральный Кавказ и, в меньшей степени, под Степной Крым при герцинской субдукции (рис. 5 в Приложении).

I.3. Трихунков Я.И., Буланов С.А., Бачманов Д.М., Сыромятникова Е.В., Латышев А.В., Кравченко М.М. Морфоструктура южной части Зайсанской впадины и её горного обрамления // Геоморфология. 2020. № 2. С. 85–101. DOI: 10.31857/S043542812002008X

Проведен морфоструктурный анализ южной части Зайсанской впадины и её горного обрамления, основанный на полевых структурно-геоморфологических исследованиях и анализе новейших дистанционных данных высокого разрешения. Выделен ряд широтных линейных сводово-разрывных и осложняющих их блоковых морфоструктур. В истории развития региона с позднего палеозоя сочетаются общая унаследованность дифференцированных движений земной коры и прерывистость, выраженная в фазах их активизации. Морфоструктура Зайсанской впадины и её горного обрамления сформировалась в условиях латерального сжатия земной коры. Оно реализовывалось в сводово-взбросовых деформациях региональной предорогенной поверхности выравнивания палеоценового времени, поднятой почти до 4 км на хребте Саур и опущенной на 1.5 км в Зайсанской впадине, где в результате началось озерное осадконакопление. В миоцен-плиоценовое время её прогибание ускорило. На её юго-восточной периферии взбросовая компенсация сдвигов вызвала ускорение поднятия Тарбагатай и Саура в плиоцен-четвертичное время. За четвертичное время по Тарбагатайской и Манрак-Саурской зонам разломов северо-западного простирания произошли правосдвиговые перемещения с минимальной амплитудой в 1 км. На стыке с Джунгарской плитой в своих юго-восточных периферийных частях Манрак-Саурский и Тарбагатайский правые сдвиги компенсируются системой широтных взбросов,

контролирующих развитие Зайсанской, Кендырлыкской и, возможно, Чиликтинской впадин как рамп-синклиналей, а также глыбовых хребтов Саур, Манрак, Сайкан и Тарбагатай как клиньев выжимания.

I.4. Шалаева Е.А., Соколов С.А., Хисамутдинова А.И. Ленинанканский игнимбрит как продукт извержения вулкана Арагац, Армения // Вулканология и сейсмология. 2020. № 2. С. 32–42. DOI: 10.31857/S0203030620020054

Представлены результаты определения возраста и стратиграфического положения игнимбритов, распространенных на северо-западе Армении и ранее описанных в научной литературе как ленинанканские (еревано-ленинанканские) туфы. Монотонное внутреннее строение, близкий возраст, установленный по результатам К–Аг датирования, и схожий химический состав позволяют полагать, что толща игнимбритов сформирована в результате крупного одноактного извержения вулкана Арагац. Оценены размеры площади распространения продуктов извержения в пределах позднекайнозойской Ширакской впадины и ее обрамления к северо-западу и северу от Арагаца. Сопоставление возраста и состава туфов и лав привершинной части Арагаца показало, что их формирование произошло на завершающей стадии третьего этапа активности вулканического центра (0.70–0.65 млн лет назад).

I.5. Trifonov V.G., Simakova A.N., Çelik H., Tesakov A.S., Shalaeva E.A., Frolov P.D., Trikhunkov Ya.I., Zelenin E.A., Aleksandrova G.N., Bachmanov D.M., Latyshev A.V., Ozherelyev D.V., Sokolov S.A., Belyaeva E.V. The Upper Pliocene – Quaternary geological history of the Shirak Basin (NE Turkey and NW Armenia) and estimation of the Quaternary uplift of Lesser Caucasus // Quaternary International. 2020. Vol. 546. P. 229–244. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2019.11.004>

Стратиграфия, структура и тектоническое развитие турецкой части Ширакской межгорной впадины и соседней Сусузской впадины исследованы с применением методов структурной геологии, геологической и геоморфологической корреляции, палеонтологии, магнито-стратиграфии и археологии. Впервые скоррелированы стратиграфия и тектоника западной турецкой и восточной армянской частей Ширакской впадины. Осадочный чехол западной части впадины состоит из четырех подразделений: нижнеакчагыльских (пьяченций) морских отложений, карахачской, анийской и арапийской озерно-аллювиальных свит. Верхнеплиоценовый возраст нижнего подразделения в разрезе Демиркент обоснован прямой намагниченностью и присутствием диноцист акчагыльского облика, включая формы, верхним пределом существования которых была граница плиоцена и плейстоцена. Возраст карахачской свиты определен в 1.9–1.7 млн лет на основе сходства ее позиции, состава и намагниченности с карахачскими отложениями Армении и находки раннепалеолитического чоппера. Датирование анийской свиты калабрием и арапийской свиты началом среднего плейстоцена доказывается фауной моллюсков и мелких млекопитающих, ашельскими артефактами, определениями намагниченности и положением в рельефе, сходным с коррелируемыми отложениями армянской части впадины.

Уровень солоновато-водного акчагыльского бассейна в начале квартала (~2.5 млн лет назад) был близок к современному уровню мирового океана. Сейчас кровля нижнеакчагыльских отложений разреза Демиркент находится на высоте 1565 м, что определяет среднюю скорость четвертичного поднятия этой части Малого Кавказа в 0.6 мм/год. Ширакская впадина ограничена и нарушена разломами и флексурно-разломными зонами. Из-за движений по зонам Джамушлу и Ахурянской центральная часть севера Ширакской впадины опущена относительно разреза Демиркент на 130–165 м. Из-за перемещений по зоне Джарджоглу поверхность анийской свиты в Сусузской впадине поднята относительно соседней части Ширакской впадины на 100–120 м. Северо-западное обрамление Сусузской впадины поднята относительно нее по Сарыкамьшской зоне разломов. Поэтому четвертичное поднятие варьирует в пределах  $0.6 \pm 0.1$  мм/год. Севернее Ширакской впадины, в Верхнеахурянской и Лорийской впадинах и долине р. Дебед, скорость поднятия в последние 0.65–0.6 млн лет оценена в 1 мм/год, а соседние Базумский и Джавахетский хребты поднимались быстрее. Следовательно, поднятие ускорилось 0.65–0.6 млн. лет назад.

Результаты, представленные в материалах Всероссийских совещаний, зарегистрированные в системе РИНЦ:



I.6. Бачманов Д.М., Трифонов В.Г., Кожурин А.И., Зеленин Е.А. База данных активных разломов Евразии: содержание и тектоническое применение // Фундаментальные проблемы тектоники и геодинамики. Материалы 52 Тектонического совещания. Том 1. М.: ГЕОС, С. 247–249.

Кратко охарактеризованы построение и содержание Базы данных активных разломов Евразии. Приведены важнейшие примеры применения материалов Базы данных для изучения неотектоники и современной геодинамики: определения напряженно-деформированного состояния неотектонических провинций, использования роз-диаграмм разломов для кинематической характеристики провинций и выявления кинематических изменений в течение плиоцена-квартера.

I.7. Трифонов В.Г., Соколов С.Ю., Соколов С.А., Хессами Х. Мезозойско-кайнозойское тектоническое развитие Черноморско-Крымско-Кавказско-Каспийского региона в сопоставлении со строением верхней мантии // Фундаментальные проблемы тектоники и геодинамики. Материалы 52 Тектонического совещания. Том 2. М.: ГЕОС, С. 343–346.

Рассматривается мезозойско-кайнозойская тектоническая зональность Восточно-Черноморско-Крымско-Кавказско-Каспийского региона, сформировавшаяся в начале юры к северу от сuture Измир-Анкара-Эрзинджан и Севано-Акеринской – реликтов Мезотетиса. Выделяются зоны: (1) подвижной эпигерцинской окраины; (2) Мезийско-Черноморско-Закавказской эпибайкальской малой плиты; (3) глубокого прогиба на континентальной коре, утонявшейся по мере его развития (Горный Крым, Зона южного склона Большого Кавказа, Южный Каспий); (4) окраины Скифско-Туранской плиты. С байоса до турона на северной окраине Мезотетиса происходили субдукция и связанный с ней островодужный вулканизм. В киммерийскую эпоху крымский сегмент и северный склон кавказской части прогиба испытывали интенсивные деформации. С позднего мела до конца миоцена в черноморской части малой плиты развивались Западно-Черноморская и Восточно-Черноморская впадины растяжения. В верхней мантии сохранились реликты субдуцированных слэбов Неотетиса в Загросе, Мезотетиса в районе с. Саатлы (Азербайджан) и литосферы Скифской плиты, пододвинутой под Центральный Кавказ при герцинской субдукции.

I.8. Трифонов В.Г., Симакова А.Н., Соколов С.Ю., Тесаков А.С., Челик Х. Интенсивное четвертичное поднятие горных стран и его причины // Пятая тектонофизическая конференция в ИФЗ РАН «Тектонофизика и актуальные вопросы наук о Земле». Материалы докладов всероссийской конференции с международным участием, 5-9 октября 2020 г. М.: ИФЗ РАН. С. 303–306.

Исследованиями в Ширакской и Хорасанской впадинах СВ Турции обнаружены морские отложения, накопившиеся в акчагыльском бассейне Каспийского моря в эпоху его максимальной трансгрессии (конец плиоцена). Современная высота этих отложений позволила оценить скорость четвертичного поднятия в 0.6–0.7 мм/год. Поднятие происходило с ускорением. Показано, что главным источником общего поднятия горных сооружений стало разуплотнение литосферы под воздействием верхнемантийных латеральных потоков. Общее поднятие дополнялось структурными проявлениями коллизионного взаимодействия плит и блоков литосферы.

I.9. Трихунков Я.И., Кенгерли Т.Н., Бачманов Д.М., Фролов П.Д., Шалаева Е.А., Латышев А.В., Попов С.В., Симакова А.Н., Идрисов И.А., Алиев Ф.А. Четвертичный орогенез Юго-Восточного Кавказа: амплитуды, скорости, вероятные причины (на основе изучения акчагыльских морских отложений и континентальных моласс) // Пятая тектонофизическая конференция в ИФЗ РАН «Тектонофизика и актуальные вопросы наук о Земле». Материалы докладов всероссийской конференции с международным участием, 5-9 октября 2020 г. М.: ИФЗ РАН. С. 292–302.

На северо-восточном склоне Восточного Кавказа выявлены морские акчагыльские отложения, современное высотное положение которых и соотношения с апшеронскими отложениями позволило оценить скорость подъема этой части Кавказа в 1 мм/год.

II.1, II.2, II.4, III.1.4, III.2. Результаты представлены в разделе «Выполнение плана».

II.3. Результаты, содержащиеся в статьях, сданных в печать (II.3.2; III.1.1; III.1.2) и подготавливаемых к опубликованию (II.3.3– II.3.5):

II.3.2. Статья: Trikhunkov Ya.I., Kangarli T.N., Bachmanov D.M., Frolov P.D., Shalaeva E.A., Latyshev A.V., Simakova A.N., Popov S.V., Bylinskaya M.E., Aliev F.A. Evaluation of Plio-Quaternary uplift of the South-Eastern Caucasus based on the study of the Akchagylian marine deposits and continental molasses // Quaternary International.

Рассматривается наиболее высокий Шагдаг-Кусарский сегмент Юго-Восточного Кавказа, расположенный на границе Азербайджана и России. Новейшие морские отложения покрывают здесь высокогорные водораздельные поверхности. Представлены результаты исследований новейшей тектоники и стратиграфии плиоцен-четвертичных отложений. Морфоструктурный и фациальный анализ строения северо-восточного макросклона горного сооружения позволили восстановить историю плиоцен-четвертичного орогенеза данной территории. Находка раковин моллюсков – индикаторов акчагыльского бассейна в отложениях моноклинали Кусарского плато на высотах до 2020 м дала возможность оценить амплитуду и скорости четвертичного поднятия Восточного Кавказа. Приводится реконструкция развития горной системы в плиоцен-квартере с ускорением поднятия в среднем плейстоцене, обсуждаются вероятные причины такого ускорения.

III.1.1. Статья: Трифонов В.Г., Соколов С.Ю., Бачманов Д.М., Соколов С.А., Трихунков Я.И. Неотектоника и строение верхней мантии Центральной Азии // Геотектоника

Как показало выполненное исследование, поднятие Центральной Азии, расположенной между восточной частью Альпийско-Гималайского и западной частью Алтайско-Станового горных поясов, над смежными континентальными областями является неотектоническим образованием. Чтобы объяснить его, проанализированы крупные элементы новейшей структуры и построены 12 разрезов верхней мантии, отражающих отклонения скоростей продольных волн от стандартных для соответствующих глубин значений. Установлено, что пододвигание высокоскоростных верхов мантии Индийской платформы под Гималаи вызвало деформационное утолщение и резкое разуплотнение литосферы, что привело к усилившемуся в плиоцен-четвертичное время подъему Гималаев, Каракорума, Гиндукуша, Южного и Западного Тибета и Западного Куньлуна. Под остальной частью Центральной Азии, за исключением некоторых периферийных горных систем, сейсмические скорости в верхней мантии понижены. Выявлены два внутримантийных плюма (рис. 6 в Приложении). Преобразования верхней мантии под воздействием Тибетского плюма, прослеженного от глубины ~1600 км, стали главным источником поднятия Тибета. Хангайский плюм с Хэнтэйским ответвлением, восходящий с глубины ~1250 км, вызвал образование Хангайского и Хэнтэйского нагорий и неоген-четвертичный базальтовый вулканизм. Воздействие подлитосферных потоков, распространявшихся от указанных плюмов и Эфиопско-Афарского суперплюма, обусловило разуплотнение верхней мантии, новейшие изгибные деформации и плиоцен-четвертичное поднятие Центрального и Восточного Тянь-Шаня, Гобийского и отчасти Монгольского Алтая и Саура. Под Западным Тянь-Шанем, Джунгарским Алатау, Горным Алтаем, Западным Саяном и северо-западом Монгольского Алтая сейсмические скорости в верхней мантии повышены. Источником деформаций здесь было коллизийное взаимодействие блоков литосферы, и поднятия ниже, чем в горных системах с разуплотненной верхней мантией.

III.1.2. Статья: Трифонов В.Г., Зеленин Е.А., Соколов С.Ю., Бачманов Д.М. Активная тектоника Центральной Азии в сопоставлении со строением верхней мантии / Геотектоника

Центральная Азия отличается от соседних территорий более интенсивными проявлениями четвертичных поднятий и активного разломообразования. По кинематике активных разломов различаются северо-восток региона (от Среднего Тибета до Восточного Саяна) и его южная и западная части (Гималаи, Памиро-Пенджабский синтаксис и область к северу от него до Горного и Монгольского Алтая). На северо-востоке доминируют субширотные левые сдвиги, а на юге и западе – правые сдвиги и надвиги северо-западного и широтного простираний. Особенности

активной тектоники связаны со строением верхней мантии, исследованной на трех горизонтальных срезах. На срезе глубиной 67 км (пограничная зона кора/мантия) выделяются высочайшие горные системы с резко пониженными значениями скоростей Р-волн и, соответственно, плотности пород. Разуплотнение стало главной причиной интенсивного поднятия этих горных систем. Срезы на глубинах 158 и 293 км отражают неоднородности строения верхней мантии Центральной Азии. В ее восточной части скорости Р-волн существенно понижены воздействием Тибетского и Хангайского внутримантийных плюмов. Деформации латерального удлинения здесь преобладали деформации латерального укорочения, и литосфера не могла передавать давление Индийской платформы более северным тектоническим зонам. Разуплотнение верхней мантии обусловило поднятие Тибета и Хангайского нагорья. Связанные с плюмами верхнемантийные течения вызвали левосдвиговые смещения по субширотным разломам. На юге и западе Центральной Азии скорости Р-волн и, соответственно, плотности верхней мантии возрастают. На юге происходит деформационное утолщение и пододвигание литосферы Индийской платформы под Гималаи и Южный Тибет. Активные надвиги, правые сдвиги и взбросо-сдвиги западной и северо-западной части Центральной Азии являются структурным выражением горизонтального сжатия литосферных блоков. Из-за плотностной неоднородности литосферы происходило вращение нагружаемых блоков, в результате чего скорости сдвиговых перемещений изменялись вдоль разломов до полного затухания.

II.3.3. Статья: Kozhurin A.I. Active faults in Sakhalin revisited, and the Okhotsk minor lithospheric plate.

В статье решаются два вопроса. Первый связан с известным тезисом В.С. Рождественского [1984, 2008] о том, что сдвиговые движения на Сахалине закончились к плиоцену, и позднейшая четвертичная и активная тектоника острова – взбросовые и надвиговые деформации при поперечном острову сокращении земной коры. В статье показано, что сдвиговые движения продолжаются, и вопрос сводится лишь к выяснению того, весь остров или только его часть охвачены горизонтальными движениями. Второй вопрос касается весьма распространенной интерпретации продольных разломов Сахалина как проявлений части западной границы Охотской плиты. Анализируется распространение и кинематика основных разломных структур северного Приохотья – разломных зон Улахан и Кетандино-Ульбейской, вместе представляющих, как предполагается, северную границу Охотской плиты. Показано, что эти разломные зоны не смыкаются друг с другом, и по характерным параметрам они должны быть интерпретированы как сдвиги вращения, а не трансформные [Freund, 1974]. Кроме того, внимание обращено на правосдвиговую Ланково-Омолонскую зону северо-восточного простирания, протягивающуюся вдоль западного берега залива Шелихова, существование которой делает невозможным продолжение «улаханского» сегмента границы Охотской плиты на юго-восток – ни к острову Карагинский (Берингово море), ни в сторону Алеутской островной дуги. Сделан вывод о несоблюдении основного принципа выделения плиты – непрерывности ее границ. Предложено иное истолкование активной разломной тектоники Охотоморского региона, базирующееся на выделении активного Тихоокеанского тектонического существенно правосдвигового пояса.

II.3.4. Статья: Трихунков Я.И., Сыромятникова Е.В., Тесаков А.С., Буланов С.А., Латышев А.В., Кравченко М.М. Стратиграфия и история развития Зайсанской впадины.

В статье будет рассмотрена сложная история кайнозойского развития Зайсанской межгорной впадины и её горного обрамления, отраженная в строении осадочного чехла впадины. Приводятся результаты палеомагнитного и палеонтологического опробования кайнозойских отложений опорных разрезов впадины и их корреляции. Выделено несколько стадий тектонической активности региона, развития и деградации Зайсанского озерного бассейна, развития рельефа и ландшафтов впадины в кайнозое.

II.3.5. Статья: Shalaeva E.A., Frolov P.D., Trifonov V.G., Avagyan A.V., Trikhunkov Ya.I., Sahakyan L., Simakova A.N., Sokolov S.A., Titov V.V., Lebedev A.V., Latyshev A.V., Tesakov A.S., Çelik H., Hisamutdinova A.I., Orlov A. Pliocene-Quaternary deposits of the SW Sevan Lake coast and its correlation to the Late Cenozoic Basin deposits in NW Armenia and adjacent Turkey

В статье будут приведены описание разрезов верхнего плиоцена и нижнего плейстоцена в районе с. Норатуз на ЮЗ борту Севанской впадины и характеризующие их новые палеонтологические, магнито-стратиграфические и радиоизотопные данные. Строение и история развития Севанской впадины сравниваются с Ширакской и другими впадинами СЗ Армении. Оценивается относительная роль перемещений по разломам и глубинных преобразований, выраженных вулканизмом, в формировании разных впадин.

Таким образом, все запланированные научные результаты достигнуты. Они изложены в девяти опубликованных статьях и двух статьях, сданных в печать, причем три статьи, сданные в печать в 2020 г. (I.2=II.3.1; I.8; I.9), опубликованы.