

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО НАУЧНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ  
ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

УДК 551.24

№ темы 0135-2016-0030

№ госрегистрации АААА-А17-117030610107-3

Инв. №

УТВЕРЖДАЮ  
Директор ГИН РАН

М.А. Федонкин

(подпись)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 г.

ОТЧЕТ О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

по теме:

ФАКТОРЫ И МЕХАНИЗМЫ НОВЕЙШЕЙ СТРУКТУРНОЙ ЭВОЛЮЦИИ  
АЛЬПИЙСКО-ГИМАЛАЙСКОГО И ПРИТИХООКЕАНСКОГО ПОДВИЖНЫХ  
ПОЯСОВ

(промежуточный)

Заведующий отделом

(подпись, дата)

С.Д. Соколов  
(ФИО)

Заведующий лабораторией

(подпись, дата)

А.И. Кожурин  
(ФИО)

Руководитель НИР

(подпись, дата)

А.И. Кожурин  
(ФИО)

Москва, 2018 г.

## СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

И.о. зав. лабораторией, д-р геол.-мин. наук	_____	Кожурин А.И. (введение, раздел 1, заключение)
	подпись, дата	
Гл. науч. сотр., д-р геол.-мин. наук, профессор	_____	Трифонов В.Г. (раздел 2, раздел 3)
	подпись, дата	
Ст. науч. сотр., канд. геол.-мин. наук	_____	Бачманов Д.М. (раздел 3)
	подпись, дата	
Ст. науч. сотрудник, канд. геогр. наук	_____	Трихунков Я.И. (раздел 2)
	подпись, дата	
Ст. науч. сотр., канд. геол.-мин. наук	_____	Соколов С.А. (раздел 2)
	подпись, дата	
Науч. сотрудник	_____	Зеленин Е.А. (раздел 1)
	подпись, дата	
Науч. сотрудник	_____	Шалаева Е.А. (раздел 2)
	подпись, дата	
Ст. науч. сотр., канд. физ.-мат. наук	_____	Иоффе А.И. (раздел 3)
	подпись, дата	
Младший науч. сотрудник, аспирант	_____	Гайдалёнок О.В. (раздел 2)
	подпись, дата	

## Реферат

Отчет 19 с., 3 раздела, 6 рис., 1 прил.

Ключевые слова: Альпийско-Гималайский и Притихоокеанский подвижные пояса, зона перехода континент-океан, коллизия, субдукция, активные разломы, горообразование, неотектоника, сейсмотектоника, общемантийная конвекция

Впервые получены данные о средней за средне-позднечетвертичное время скорости направленного в сторону океана растяжения Центрально-Камчатского сегмента Курило-Камчатской островной дуги. По порядку общая скорость растяжения (~17 мм в год) близка к полученному физическим и численным моделированием значению (~28 мм в год, Schellart et al., 2007). Соответствие значений свидетельствует в пользу реальности отступления погруженной части океанической плиты и желоба в сторону океана как процесса, определяющего четвертичную и активную деформацию сегмента островной дуги.

Охарактеризованы общие черты неотектоники континентальных подвижных поясов. На примере Армении показано, что межгорные впадины образуются не только в результате коллизионного взаимодействия блоков литосферы, но также в результате перемещений и преобразований верхнемантийного вещества, выраженных вулканизмом. На основе анализа геологических и сейсмотомографических данных в рамках общемантийной конвекции впервые определены скорости латеральных верхнемантийных подлитосферных потоков для систем Гавайи – Императорский хребет и Эфиопия–Аравия–Кавказ: от 4 до 12 см/год, в среднем ~8 см/год. Впервые определённые скорости погружения масс в нисходящих ветвях общемантийной конвекции составляют в районе Южной Атлантики ~0.9–1 см/год.

Разработаны принципы, методы составления и характеристики атрибутов Новой базы данных активных разломов Евразии. Она содержит информацию о географическом положении, кинематике, интенсивности движений и достоверности выделения более 20000 объектов, а также об источниках представленной в базе данных информации. Создание такой базы данных явится крупным вкладом в решение фундаментальных проблем современной геодинамики и оценку сейсмической и других геологических опасностей.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВЕДЕНИЕ	5
<i>Раздел 1. Притихоокеанский подвижный пояс</i>	
<i>Кожурин А.И., Зеленин Е.А.</i>	6-8
<i>Раздел 2. Альпийско-Гималайский подвижный пояс</i>	
<i>Трифонов В.Г.</i>	9-15
<i>Раздел 3. Разработка новой базы данных активных разломов</i>	
<i>Бачманов Д.М.</i>	16-17
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	18
<i>Приложение А: Публикации по теме исследований в 2017 г.</i>	19

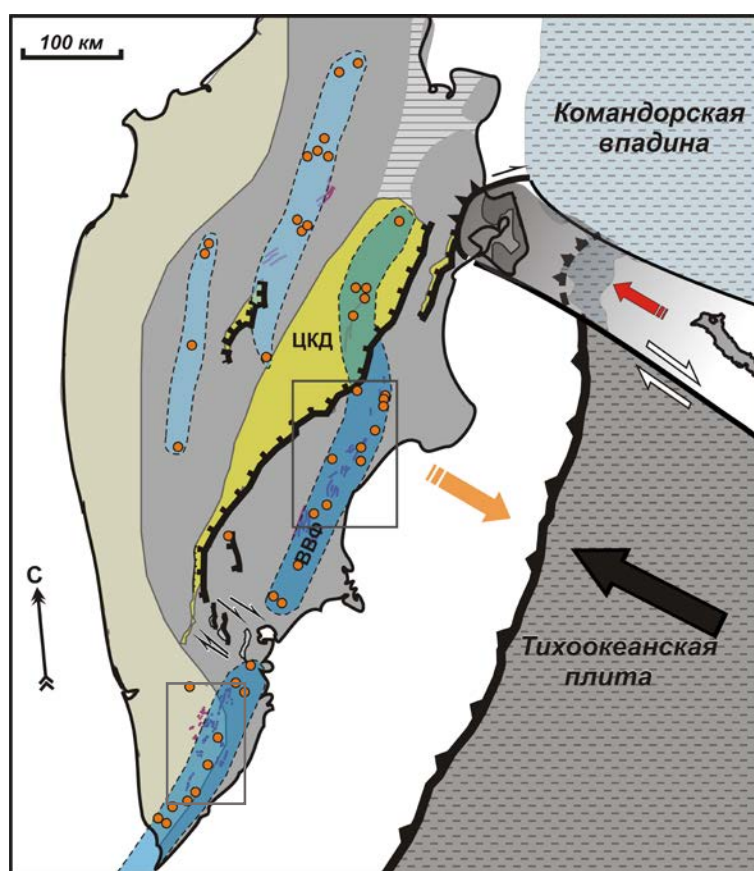
## **Введение**

Работы выполнены по пункту программы ФНИ государственных академий наук на 2013-2020 г.г. № 124 – Геодинамические закономерности вещественно-структурной эволюции твердых оболочек Земли. Цель работ – выявление факторов и механизмов, определяющих новейшую и продолжающуюся (активную) эволюцию Альпийско-Гималайского и Притихоокеанского подвижных поясов. В 2017 году исследовались, прежде всего, сегменты поясов, в которых закономерности их проявлены наиболее ярко – Центрально-Камчатский и Аравийско-Кавказский.

Руководитель и участники работ по бюджетной теме № 0135-2016-0030 совмещали в 2017 г. работы по этой теме с исследованиями, финансировавшимися грантом РНФ и грантами РФФИ. Большинство публикаций участников работ по теме явилось итогом комплексирования и осмысливания результатов, полученных в ходе исследований как по бюджетной теме, так и по указанным грантам, выполнявшимся, как правило, в течение нескольких (иногда многих) лет. Поэтому далее, характеризуя полученные результаты, мы определяли, какая именно их часть получена в 2017 г. в ходе работ по бюджетной теме № 0135-2016-0030 (далее, бюджетная тема), а какая стала итогом исследований по другим проектам, в том числе и прежних лет.

## Раздел 1. Притихоокеанский подвижный пояс

Основная цель работ по разделу заключается в определении морфологических параметров (углов падения, их изменения с глубиной) сбросовых разломов Восточно-Камчатской зоны разломов – восточного ограничения Центральной Камчатской депрессии. Центральная Камчатская депрессия (ЦКД) является главной четвертичной и активной структурой Камчатского сегмента Курило-Камчатской островной дуги. Выяснение ее строения и возможных механизмов образования может дать ответ на вопрос, как может деформироваться земная кора островной дуги на фоне продолжающегося поддвига под нее океанической плиты (Рисунок 1).

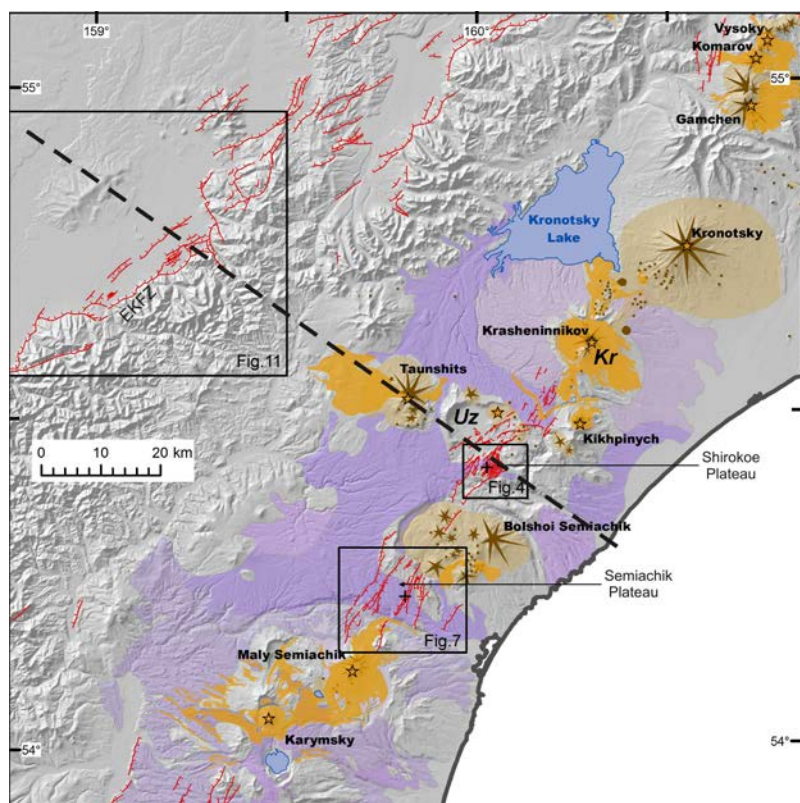


ЦКД - Центральная Камчатская депрессия. Голубые полосы и красные кружки - зоны позднечетвертичного и активного вулканизма и вулканические центры. Черные линии - активные разломы. Цветные стрелки - относительные перемещения блоков, черная - океанической плиты. Серые рамки – рисунки с деталями строения зон разломов (см. ниже).

Рисунок 1 – Схема современной структуры Камчатки.

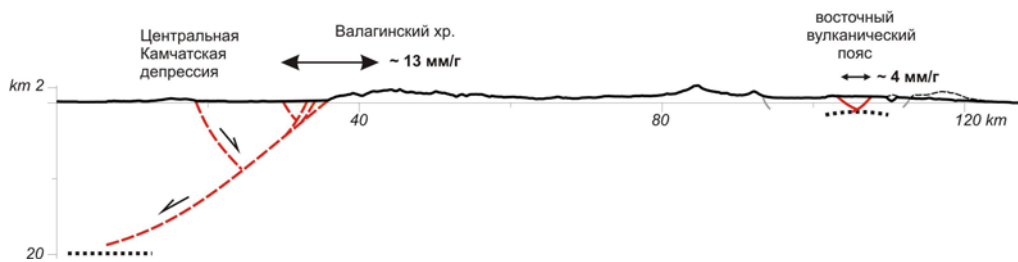
В результате работ впервые получены данные о средней за средне-позднечетвертичное время скорости направленного в сторону океана растяжения Центральной Камчатки, порядка 17 мм в год (Рисунок 2). Из этого значения примерно 4 мм в год приходится на растяжение в восточной вулканической зоне. По порядку общая скорость растяжения близка к полученному физическим и численным моделированием значению примерно в 28 мм в год (Schellart et al., 2007). Соответствие значений свидетельствует в пользу реальности отступления погруженной части океанической плиты и желоба в сторону океана как процесса, определяющего четвертичную и активную деформацию островной дуги. На основе данных исследований в восточной вулканической зоне Центральной Камчатки предложено объяснение пространственного и временного совмещения

активных тектонических и вулканических процессов: активная разломная тектоника в поясе есть результат разрушения утоненного под вулканическим поясом хрупкого слоя (за счет повышенного теплового потока) при региональном растяжении Центральной Камчатки. К важным результатам можно отнести также выводы о том, что сбросы восточного ограничения ЦКД относятся к особому типу разломов – т.н. "разломов с малыми углами падения" (low angle normal faults, по Colletini, 2011).



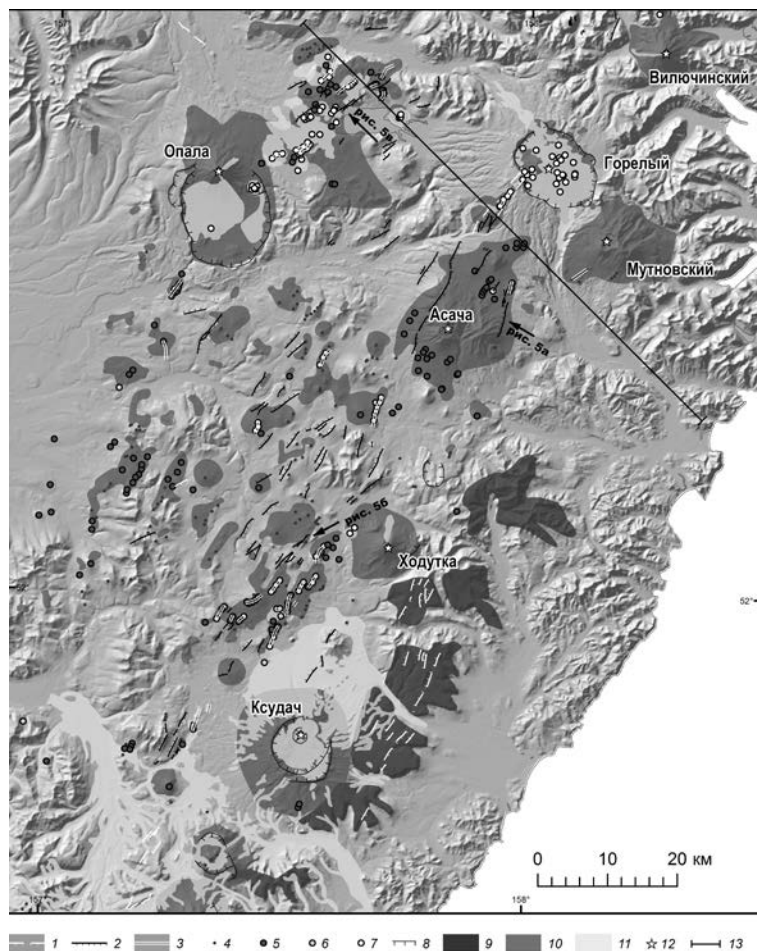
Вверху: восточный вулканический пояс (цветная заливка) и активные разломы Центральной Камчатки (красные линии). Пунктирная черная линия – линия профиля. Внизу – принципиальный профиль со значениями горизонтального поперечного растяжения на восточной границе ЦКД и в осевой части вулканического пояса (по Kozhurin, Zelenin, 2017).

Рисунок 2 – системы активных разломов восточного борта ЦКД и восточного вулканического пояса



В 2017 г. было выполнено картографирование дизъюнктивных структур Южной Камчатки (Рисунок 3), на основании которого, была сделана также оценка средней (за поздний плейстоцен - голоцен) скорости деформиорвания Южной Камчатки (Зеленин, 2017). Она отвечает обстановке растяжения и не превышает 1.5 мм в год, что на порядок меньше значения, характерных для Центральной Камчатки (см. Рисунок 2). Это означает, что поперечное растяжение Камчатки убывает с удалением от северного окончания зоны субдукции и, тем самым, подтверждает

сделанный ранее вывод о том, что растяжение Центральной Камчатки, вероятнее всего, связано с отступанием погруженной под нее части Тихоокеанской плиты и желоба в сторону океана, которое быстрее вблизи северного окончания зоны субдукции. Изменение скорости деформирования по механизму правого сдвига, по всей видимости, приурочено к Начикинской зоне поперечных дислокаций, где ранее (Кожурин и др., 2008) были описаны активные структуры общей правосдвиговой кинематики



Дизъюнктивные нарушения (штрихи в направлении опущенного крыла): 1 – неактивные разломы, выраженные в рельефе, 2 – активные разломы, 3 – послеледниковые магмопроводящие трещины; одноактные центры извержений: 4 – позднеплейстоценовые частично разрушенные, 5 – позднеплейстоценовые без признаков разрушения, 6 – предположительно голоценовые, 7 – голоценовые датированные; 8 – уступы кальдер и секторных обрушений вулканических построек, 9 – базальтовые плато эоплейстоценового-нижнеплейстоценового возраста, 10 – позднеплейстоценовые вулканические отложения, 11 – голоценовые вулканические отложения, 12 – крупнейшие вулканические центры, активные в голоцене, 13 – положение линии, для которой выполнена оценка растяжения.

Рисунок. 3 – Активные дизъюнктивные структуры Южной Камчатки и деформируемые ими поверхности.



## **Раздел 2. Альпийско-Гималайский подвижный пояс**

В Альпийско-Гималайском подвижном коллизионном поясе (АГП) неотектонические исследования были выполнены как в в Памиро-Центрально-Азиатском, так и, главным образом, Аравийско-Кавказском его сегментах.

В Центральной Азии для изучения неотектоники Зайсанской впадины Восточного Казахстана были обобщены ранее полученные материалы и предварительно определены фаунистические остатки в олигоцен-миоценовой части разреза.

В Крымско-Кавказской части Аравийско-Кавказского сегмента АГП в рамках бюджетной темы были выполнены сбор опубликованных материалов по строению Керченско-Таманской складчатой зоны и предварительная обработка результатов полевых работ, осуществлённых в 2017 г. в Керченской части зоны на средства гранта РФФИ. В итоге установлено следующее.

В восточной части Керченского полуострова 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. 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). 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 нижне-среднеюрскими песчано-глинистыми отложениями и конгломерато-брекчиями верхней юры. Вторая стадия выражена шарьированием верхнеюрских конгломератов на ниже-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 верхнеюрские 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.

Проведено также исследование восточной границы Керченско-Таманской зоны со структурами СЗ Кавказа. В этом исследовании в рамках бюджетской темы анализировались дистанционные материалы для определения геоморфологического выражения границы, а анализ геолого-геофизических материалов и синтез данных осуществлялись на средства проекта РНФ. В итоге установлено, что граница имеет сложное ступенчатое строение, и её элементы развиваются до сих пор. Важнейшим элементом пограничной области является впервые выделяемая Абрауская флексурно-разломная зона, развивающаяся в условиях поперечного растяжения. Дополнением к этому исследованию стало изучение четвертичных разломно-складчатых нарушений Сочинского района СЗ Кавказа по их отражению в деформации речных террас, а также сопоставление палеомагнитных данных по плиоцен-четвертичным отложениям в разных частях Аравийско-Кавказского сегмента и оценка возможностей этого метода для стратиграфических корреляций (Trikhunkov, Trifonov, Latyshev, Shalaeva, Bachmanov, Kozhurin, 2017; см. Приложение А).

В Северной Армении впервые выполнено сопоставление и оценка механизмов образования новейших межгорных впадин. В этом исследовании полевые и аналитические работы проводились на средства грантов РФФИ, а обобщение материалов осуществлялось в рамках бюджетной темы. В итоге установлено следующее. Среди межгорных впадин СЗ Армении, развивавшихся в плиоцене-квартере, некоторые, например, Ваназдорская, Фиолетовская, Цовагюх-Мало-Севанская и отчасти Большая Севанская, связаны с крупной Памбак-Севан-Сюникской правосдвиговой зоной, отражающей коллизионное сжатие Малого Кавказа. Эта и другие зоны разломов, также связанные с коллизионным взаимодействием плит и блоков литосферы (Джавахетский сдвиг, Ахурянский разлом и восточная ветвь EAFZ), отчасти моделируют строение остальных впадин – Лорийской, Верхнеахурянской и крупнейшей Ширакской, но не определяют их контуров и структурных ограничений. Вместе с тем, развитие Ширакской впадины происходило синхронно с интенсивной вулканической деятельностью на её обрамлениях, южном в плиоцене, западном (Дигорский и более северные центры вулканических извержений) в плиоцене, раннем и, вероятно, среднем плейстоцене и вновь южном (Арагацкий центр) в калабрии и среднем плейстоцене. Пространственные и хронологические связи с вулканизмом обнаруживают также Верхнеахурянская, Лорийская и Мало-Севанская впадины. Возможно, их образование, по крайней мере, частично обусловлено глубинными магматическими процессами, которые, в свою очередь, определялись движением подлитосферных верхнемантийных потоков и их взаимодействием с литосферой. Выявлено усиление вертикальных движений в плиоцен-четвертичное время. Скорость поднятия в последние 0.5 млн лет определена в 0.7–1.0 мм/год для Лорийской и Верхнеахурянской впадин и 1.2–1.6 мм/год для соседних Джавахетского и Базумского хребтов. Вычитанием позднейших деформаций и подъема территории восстановлен низко-среднегорный рельеф раннего плейстоцена ~1.8 млн лет назад, когда в регионе появились древнейшие предки человека. Полученные результаты изложены в опубликованной статье В.Г. Трифонова и др. (2017; см. Приложение А).

Дополнением к этому исследованию стало изучение плиоцен-четвертичных отложений впадины Малого Севана и её сопоставление с новейшими впадинами СЗ Армении (Shalaeva, Trifonov, Avagyan, Sahakyan, Simakova, Trikhunkov, Frolov, Sokolov, Tesakov, Lebedev, Titov, Belyaeva, 2017; см. Приложение А).

В Восточной Турции исследования были направлены на изучение плиоцен-четвертичной стратиграфии и тектоники южных предгорий Тавра (форланда Аравийской плиты) и межгорных впадин, а также условий обитания древнейших предков человека на пути их миграции из Африки в Кавказский и другие регионы Евразии. Полевые и аналитические работы были выполнены в 2017 г. в провинциях Карс и Эрзрум на средства гранта РФ, а предварительная обработка полевых материалов осуществлялась в рамках бюджетной темы. На основе обработки полевых

материалов 2014–2016 гг. по плиоцен-четвертичной стратиграфии и тектонике бассейна р. Евфрат к северу и к югу от Южно-Таврского надвига (границы Аравийской плиты и Альпийско-Гималайского пояса в Таврском хребте на юго-востоке Турции) выявлены палеогеографические изменения и перестройки речной сети, определены скорости четвертичных поднятий и левосдвиговых перемещений по Восточно-Анатолийской зоне разломов. Проанализированы палеогеографические и геодинамические условия расселения древнейших гоминин в Аравийско-Кавказском регионе (Trifonov, Ozherelyev, Tesakov, Simakova, 2017; см. Приложение А).

Выполнены обобщение по неотектонике континентальных подвижных поясов и исследование источников новейших тектонических движений и деформаций. Синтез данных по неотектонике подвижных поясов изложен в книге В.Г. Трифонова «Неотектоника подвижных поясов» (2017; см. Приложение А), изданной на средства гранта РФФИ. В этой книге региональные материалы по Альпийско-Гималайскому и Притихоокеанскому поясам обобщены в рамках бюджетной темы, а общие проблемы неотектоники рассмотрены и синтез всех материалов осуществлён в рамках гранта РФФИ. В первой части монографии рассматриваются тектонотипы геодинамических обстановок новейших (олигоцен-четвертичных) подвижных поясов: Байкальская и Исландская рифтовые системы как крайние разновидности рифтогенных структур, Курило-Камчатская островодужная система как тектонотип зон субдукции и Альпийско-Гималайский орогенический пояс, наиболее полно представляющий ансамбль структур, развивающихся в условиях коллизии. Обосновано разделение пояса на крупные поперечные сегменты. Вторая часть монографии посвящена общим закономерностям неотектоники подвижных поясов. В первой главе этой части анализируются данные о явлениях и процессах, заставляющих модернизировать плейт-тектоническую теорию. Это диффузность границ плит, их тектоническая расслоенность и переход большинства зон субдукции в горизонтальные линзы на уровне переходного слоя мантии. Во второй главе обсуждаются история и причины новейшего горообразования. Показано, что в течение его длительной первой стадии возникают умеренные поднятия в местах концентрации деформаций при коллизионном взаимодействии плит и блоков литосферы. В течение второй, плиоцен-четвертичной, стадии вертикальные движения резко усиливаются, и возникает современный горный рельеф. Это усиление горообразования выходит за рамки коллизионных взаимодействий и обусловлено преобразованиями низов коры и верхов мантии под воздействием подлитосферных верхнемантийных течений. В третьей главе обосновывается модель «тектоники мантийных течений», которая объясняет как плейт-тектонические процессы, так и периодическое усиление вертикальных движений в короткие эпохи геологической истории, к которым принадлежит плиоцен-квартер. Ил. 63. Табл. 5. Библ. 383 назв.

Особенности общемантийной конвекции как главного источника плейт-тектонических и горообразовательных процессов охарактеризованы в статье В.Г. Трифонова и С.Ю. Соколова

(2017; см. Приложение А). В этой работе обзор материалов по мантийной конвекции и общая характеристика предложенной авторами модели тектоники мантийных течений осуществлены в рамках бюджетной темы, а свойства разных ветвей конвекции и скорости мантийных течений в них определены в рамках гранта РФФИ. Полученные результаты сводятся к следующему. 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 субдущированных 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 (Рисунок 4). 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 (Рисунок 5). 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 раздвиганием. Полученные впервые оценки скоростей мантийных течений уточняют деформационные свойства мантии и регламентируют расчёты численных моделей мантийной конвекции.

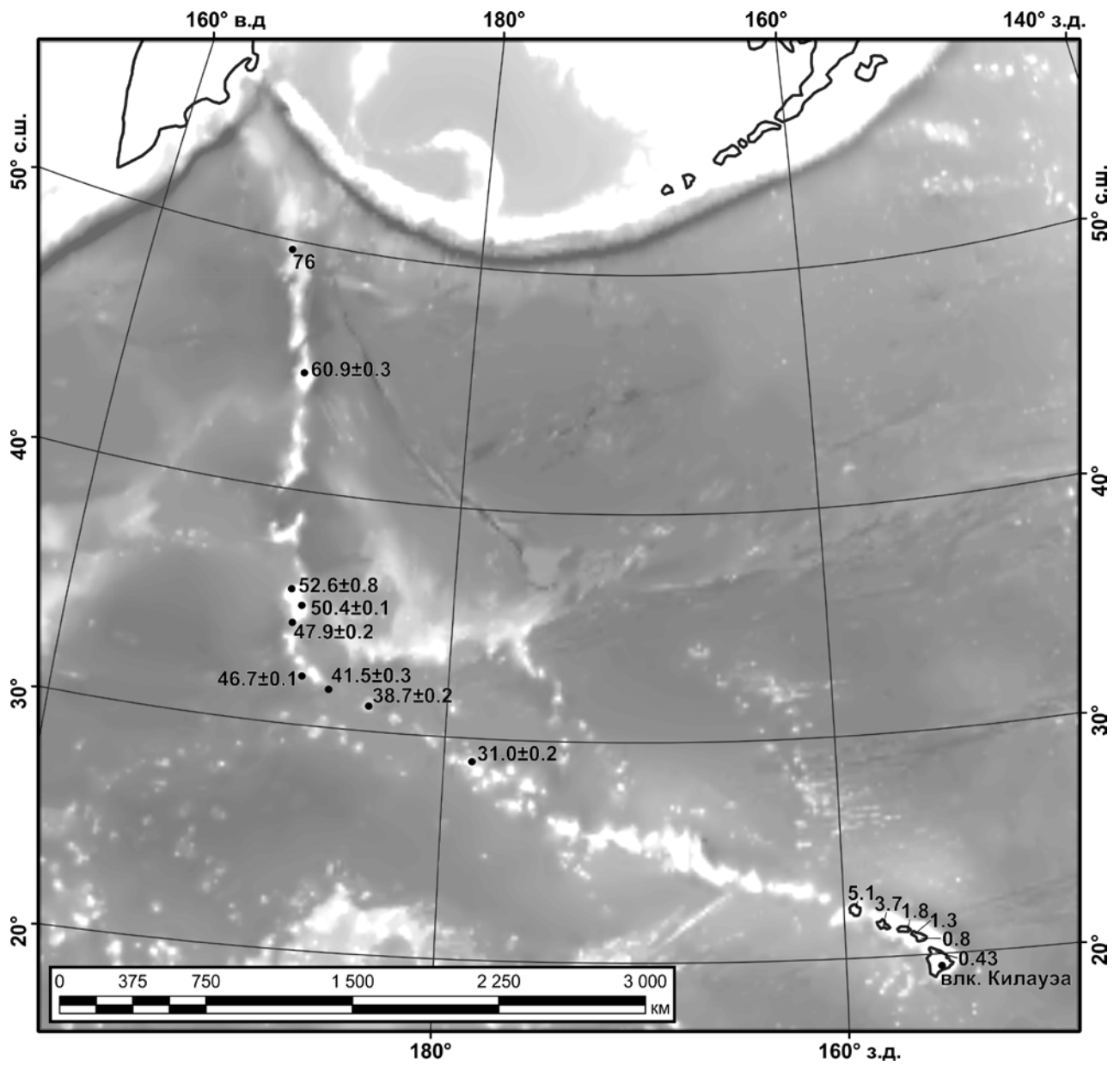


Рисунок 4. Система Гавайи – Императорский хребет. Указан возраст вулканических проявлений в млн.лет.

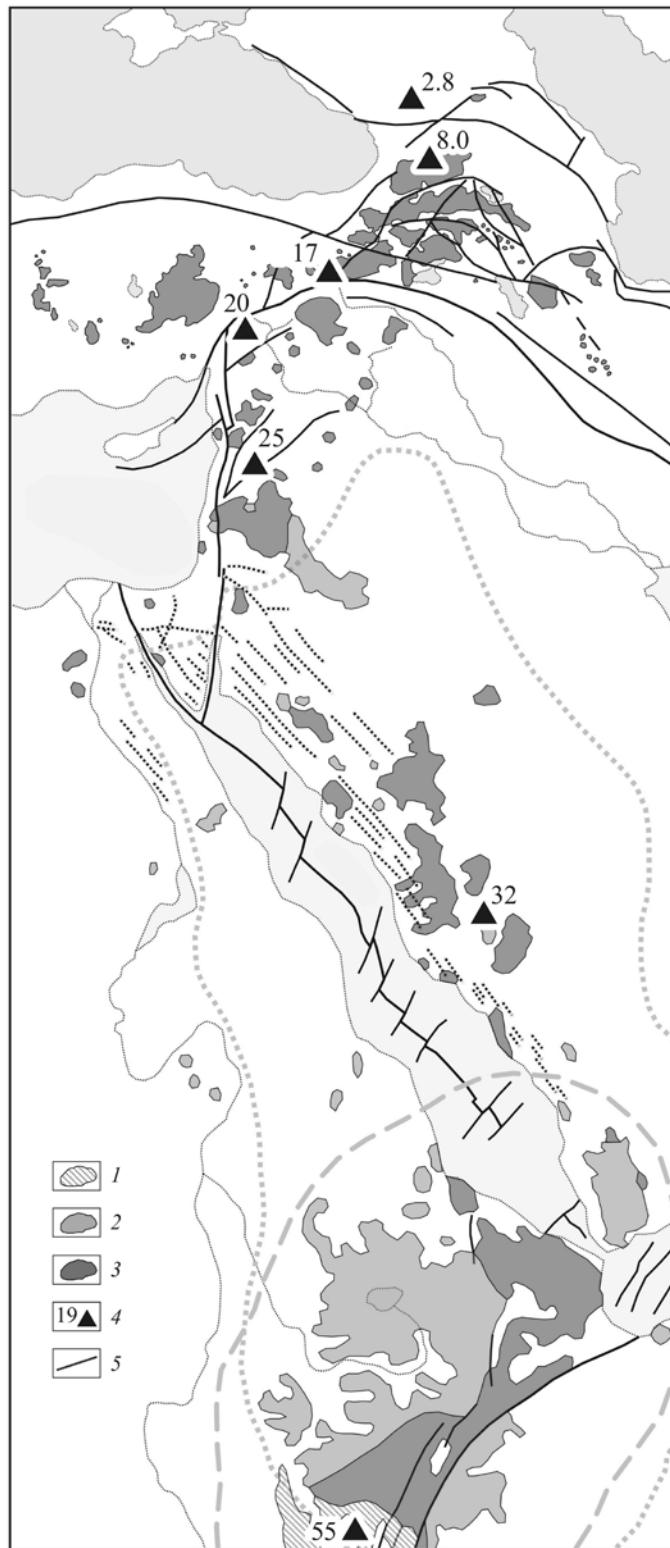


Рисунок 5. Эфиопско-Афарский суперплюм и Аравийско-Кавказский сегмент Альпийско-Гималайского пояса. 1–3 – вулканические образования: 1 – эоцена, 2 – олигоцена, раннего и среднего миоцена; 3 – позднего миоцена, плиоцена и четвертичного периода; 4 – места датирования вулканических проявлений, отмечающих движение подлитосферного потока (цифры рядом со знаком – возраст, млн лет); 5 – крупные новейшие разломы

### **Раздел 3. База данных активных разломов Евразии**

В 2017 г. продолжалась разработка методики создания и наполнения содержанием новой базы данных об активных разломах Евразии (БД) (Бачманов и др., 2017; см. Приложение А). В этой работе в 2017 г. характеристика активных разломов отдельных регионов Альпийско-Гималайского пояса осуществлялась в рамках бюджетной темы, а совершенствование методики составления БД и насыщение информацией других регионов проводилось на средства гранта РФФИ. БД интегрирует в едином формате материал, накопленный к настоящему времени многими исследователями, включая авторов БД. Она вмещает более 20000 географически привязанных объектов – разломов, зон разломов и связанных с ними структурных форм с признаками последних перемещений в позднем плейстоцене и голоцене. Масштаб, в котором составлена БД – 1:500000, а базовый демонстрационный масштаб – 1:1000000. Каждый объект БД снабжён двумя видами характеристик (атрибутов) – обосновывающими и оценочными. Обосновывающие атрибуты содержат 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 компьютерным способом между собой и с любыми другими видами оцифрованной информации. В целом, БД предоставляет возможность как для извлечения конкретных сведений об отдельных разломах и их проявлениях на разных территориях, так и для решения общих задач – тематического картографирования, определения интенсивности и параметров проявления современных геодинамических процессов, оценки сейсмической и других геодинамических опасностей территорий, тектонического районирования и тенденций тектонического развития на последнем, плиоцен-четвертичном, этапе развития Земли. Тем самым, БД является существенным вкладом в исследование тектонических процессов и обеспечение безопасности России и других стран Евразии от природных бедствий геодинамического происхождения. Формат построения БД допускает её постоянное пополнение и коррекцию с появлением новых сведений об активной тектонике. БД снабжена кратким гидом для пользователя и полным списком опубликованной литературы и других источников, использованных для её составления. Этот список будет пополняться по мере пополнения и уточнения БД.



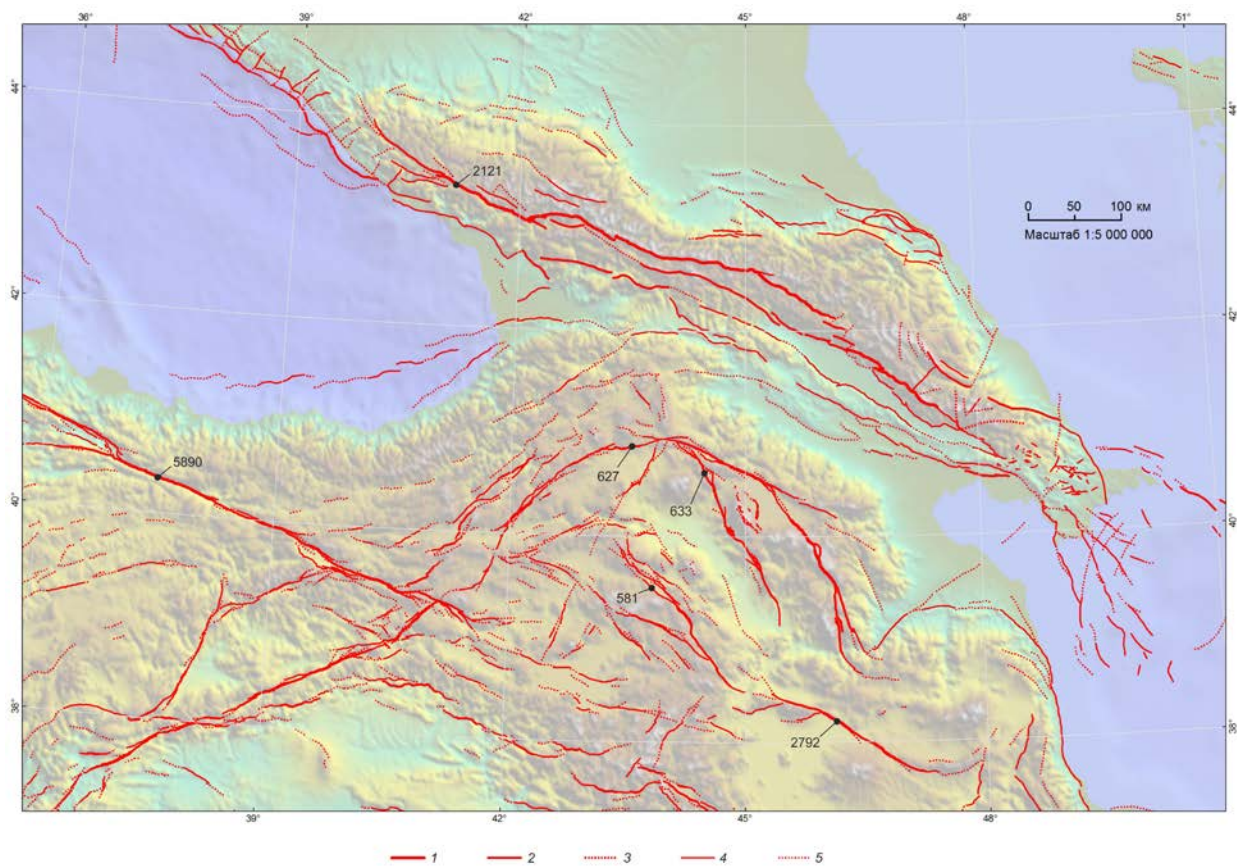


Рисунок 6. Пример представления Базы данных активных разломов (Аравийско-Кавказский регион)

## Заключение

В процессе изучения четвертичной и активной структуры Камчатского сегмента Курило-Камчатской островной дуги впервые получены данные о средней за средне-позднечетвертичное время скорости направленного в сторону океана растяжения Центральной Камчатки, порядка 17 мм в год. Из этого значения примерно 4 мм в год приходится на растяжение в восточной вулканической зоне. По порядку полученное значение близко полученному физическим и численным моделированием значению примерно в 28 мм в год (Schellart et al., 2007). Соответствие значений свидетельствует в пользу реальности отступления погруженной части океанической плиты и желоба в сторону океана как процесса, определяющего четвертичную и активную деформацию островной дуги. На основе данных исследования восточной вулканической зоны Центральной Камчатки предложено объяснение пространственного и временного совмещения активных тектонических и вулканических процессов – оно представляет результат разрушения утоненного под вулканическим поясом хрупкого слоя (за счет повышенного теплового потока) при региональном растяжении Центральной Камчатки.

На основе анализа геологических и сейсмотомографических данных определены параметры общемантийной конвекции – скорости латеральных верхнемантийных подлитосферных потоков и перемещения материала в нисходящих ветвях конвекции, образованных отслоенными фрагментами высокометаморфизованных низов утолщённой континентальной литосферы и теми субдуцируемыми слэбами, которые погружаются ниже переходного слоя мантии. Скорости верхемантийных потоков рассчитаны для систем Гавайи – Императорский хребет и Эфиопия–Аравия–Кавказ. В обоих случаях скорости варьируют во времени от 4 до 12 см/год и составляют в среднем ~8 см/год. Скорости погружения масс в нисходящих ветвях рассчитаны для континентальных обрамлений Южной Атлантики и составляют ~0.9–1 см/год.

Разработаны принципы, методы составления и характеристики атрибутов Новой базы данных активных разломов Евразии. База содержит информацию о географическом положении, кинематике, интенсивности движений и достоверности выделения более 20000 объектов, а также об источниках представленной в базе данных информации. Отредактированная версия Базы будет в итоге выставлена на общедоступном сайте. База данных послужит инструментом решения фундаментальных проблем современной геодинамики и оценки сейсмической и других геологических опасностей.

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

Публикации по теме исследований в 2017 г.

*Статьи в рецензируемых журналах:*

1. Зеленин Е.А. Позднечетвертичные деформации Южной Камчатки // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2017. № 3. Вып. 35. С. 103-111.
2. Трифонов В.Г., Соколов С.Ю. Подлитосферные течения в мантии // Геотектоника. 2017. № 6. С. 3–17. – doi: 10.1134/S0016852117060085
3. Трифонов В.Г., Шалаева Е.А., Саакян Л.Х., Бачманов Д.М., Лебедев В.А., Трихунков Я. И., Симакова А.Н., Авагян А.В., Тесаков А.С., Фролов П.Д., Любин В.П., Беляева Е.В., Латышев А.В., Ожерельев Д.В., Колесниченко А.А. Четвертичная тектоника новейших впадин Северо-Западной Армении // Геотектоника. 2017. № 5. С. 42–64. – doi: 10.1134/S0016852117030116
4. Bachmanov D.M., Kozhurin A.I., Trifonov V.G. THE ACTIVE FAULTS OF EURASIA DATABASE // Geodynamics & Tectonophysics. Vol. 8 issue 4. P. 711-736. – doi: 10.5800/GT-2017-8-4-0314
5. Kozhurin A., Zelenin E. An extending island arc: The case of Kamchatka // Tectonophysics. 2017. Vol. 706-707. P. 91-102. – doi: 10.1016/j.tecto.2017.04.001

*Монографии*

Трифонов В.Г. Неотектоника подвижных поясов. М.: ГЕОС, 180 с. (Тр. ГИН, вып. 614)

*Материалы конференций:*

1. 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 // Quaternary stratigraphy and hominids around Europe: Tautavel (Eastern Pyrenees). Tautavel, France, 10-15 Sept. 2017. P. 66.
2. Trifonov V., Ozherelyev D., Tesakov A., Simakova A. Environmental and geodynamic settings of migration of the earliest hominine to the Arabian-Caucasus region // Quaternary stratigraphy and hominids around Europe: Tautavel (Eastern Pyrenees). Tautavel, France, 10-15 Sept. 2017. P. 16.
3. Trikhunkov Y.I., Trifonov V.G., Latsyshev 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 // Quaternary stratigraphy and hominids around Europe: Tautavel (Eastern Pyrenees). Tautavel, France, 10-15 Sept. 2017. P. 65.
4. Зеленин Е. А., Кожурин А. И., Активные разломы областей современного вулканизма Камчатки // Тектоника современных и древних океанов и их окраин. Материалы XLVI Тектонического совещания. М. "ГЕОС", 2017, т. 1, с. 140-143