

Цель и задачи проекта

Цель предлагаемого проекта (далее Проект) – исследовать и сопоставить новейшую структуру, тектоническое положение и историю формирования впадин левостороннего кулисного ряда, протягивающегося вдоль северо-западной границы Высокой Азии, и его соотношения с этой границей как в их поверхностном выражении, характеризующем земную кору, так и в глубинном строении на уровне верхней мантии. Достижение этой цели предусматривает решение следующих задач:

- (1) Сбор опубликованных данных о новейшей структуре, тектоническом положении и истории формирования впадин указанного кулисного ряда (Ферганской, Нарынской, Иссык-Кульской, Илийской, Алакульской, Зайсанской и Чуйско-Курайской).
- (2) Анализ моделей рельефа, топографических и геологических карт и космических изображений для выявления элементов новейшей структуры перечисленных впадин, выражения северо-западной границы Высокой Азии в рельефе и новейшей структуре, соотношений этой границы с кулисным рядом впадин.
- (3) Обработка палеомагнитных образцов, ранее отобранных участниками Проекта в Нарынской и Иссык-Кульской впадинах и уточнение на основе полученных результатов стратиграфии молассовых толщ Центрального Тянь-Шаня.
- (4) Изучение тектоники и разрезов Алакульской и Зайсанской впадин, отбор и определение палеонтологических остатков и палеомагнитных образцов, создание хроно-стратиграфических моделей этих впадин.
- (5) Сравнительный анализ истории формирования впадин кулисного ряда.
- (6) Анализ сейсмотомографических данных глобальной сети с целью построения разрезов верхней мантии, пересекающих границы Высокой Азии и указанный ряд впадин.
- (7) Создание модели строения, происхождения и развития новейшей структуры северо-западной границы Высокой Азии и впадин указанного кулисного ряда.

Актуальность исследования

В мегарельефе Альпийско-Гималайского горного пояса и его северного обрамления (до Алтая и Саян) выделяется регион Высокой Азии, в пределах которого находятся высочайшие горные системы и высокогорные плато. Восточную границу Высокой Азии китайские учёные обозначили как зону 105° в.д., протягивающуюся от восточного края Ассама до Байкала [Ли Сыгуан, 1952; Din Guoyu, 1984]. Южная часть западной границы Высокой Азии имеет чёткое структурное выражение и проходит по западному окончанию Гималаев, западным склонам Гиндукуша и Памира. Севернее эта граница выражена менее чётко и лишь улавливается по различиям высотного положения поверхности тектонически однотипных структур, например, Центрального Тянь-Шаня по сравнению с Западным или Тарима и впадин Монголии по сравнению с Туранской плитой. Вдоль этой северо-западной границы Высокой Азии протягивается левый кулисный ряд кайнозойских впадин близширотного простирания. Это с юго-запада на северо-восток впадины Ферганская, Нарынская, Иссык-Кульская, Илийская, Алакульская, Зайсанская и Чуйско-Курайская. Между впадинами расположены горные хребты, самые высокие в Тянь-Шане и Горном Алтае, и более низкие между ними (Джунгарский Алатау, Тарбагатай и Саур).

Определение строения сложно построенной северо-западной границы Высокой Азии, тектонического положения кулисного ряда кайнозойских впадин, истории формирования и глубинного строения этого структурного ансамбля важны для понимания взаимодействия континентальных плит и блоков литосферы и происхождения вертикальных движений, приведших к новейшему горообразованию. Для рассматриваемого региона особая актуальность Проекта состоит в том, что до сих пор исследовались стратиграфия и отчасти тектоника отдельных впадин, но они не

рассматривались как члены единого структурного ряда. Проект призван восполнить этот пробел. Практическая значимость предлагаемых исследований заключается в оценке воздействия неотектонических факторов на хозяйственную деятельность в природных условиях Центральной Азии и опасность природных (прежде всего, сейсмических) бедствий.

Анализ современного состояния исследований в данной области

В оценке современного состояния исследований в заявленной области наук о Земле следует различать общетеоретический и региональный аспекты. Общетеоретическое значение для понимания неотектоники внутриконтинентальных подвижных поясов имеют два взаимосвязанных аспекта: во-первых, соотношение коллизионного взаимодействия плит с горообразованием в Альпийско-Гималайском подвижном поясе; во-вторых, неотектоническое выражение и происхождение поперечной сегментации пояса и, прежде всего, обособления в поясе и его северном обрамлении мегасегмента Высокой Азии.

Обусловленность рельефообразующих тектонических форм и, в конечном счете, горообразования процессами новейшей коллизии обосновывалась многими авторами, начиная с основоположников плейт-тектоники [Дьюи, Берд, 1974]. Применительно к северному обрамлению Альпийско-Гималайского пояса в Центральной Азии успехи в развитии этих представлений опирались, прежде всего, на изучение активных разломов и сейсмотектоники [Molnar, Tapponnier, 1975; Tapponnier, Molnar, 1976; Trifonov, 1978; Ding Guoyu, 1984; Molnar, Deng Qidong, 1984; Ding Guoyu, Lu Yunchou, 1988; Абдрахматов и др., 2001; Трифонов и др., 2002; Корженков, 2006; Рогожин, 2016; Деев, 2019]. Эти исследования дополнялись результатами GPS измерений современных движений [Zubovich et al., 2010]. Новые структурно-геоморфологические исследования [Буланов, 1994, 2002], оценки возраста экспонируемых горных пород [Sobel et al., 2000; De Grave et al., 2007] и структурно-геологические реконструкции [Хаин, Яблонская, 1997; Буртман, 2012] послужили основанием экстраполировать данные об активной тектонике на более ранние эпохи кайнозоя.

Было показано, однако, что коллизионного сжатия и связанных с ним утолщения коры и её изостатического поднятия недостаточно, чтобы обеспечить то реальное поднятие, которое испытали Альпийско-Гималайский пояс и особенно Высокая Азия в плиоцен-четвертичное время. Были представлены геофизические данные и высказаны соображения, обосновывающие вывод, что решающий вклад в интенсивное позднекайнозойское поднятие этих регионов внесли разуплотнение верхов мантии из-за частичного замещения её литосферной части астеносферным веществом и разуплотнение высокометаморфизованных пород корового происхождения под воздействием астеносферных флюидов [Артемьев, 1975; Артюшков, 1993, 2003, 2012; Летников, 2003; Трифонов и др., 2008, 2012; Trifonov, Sokolov, 2014; Трифонов, 2016]. На основе анализа сейсмотомографических данных глобальной сети было показано, что эти глубинные преобразования связаны с подлитосферными потоками, распространяющимися от Эфиопско-Афарского суперплюма [Соколов, Трифонов, 2012; Трифонов, Соколов, 2017, 2018].

Поднятие Высокой Азии относительно соседних территорий отмечали многие исследователи, начиная с Э. Аргана, В.А. Обручева и Н.И. Николаева. Развитие этого направления исследований опиралось на изучение неотектоники отдельных горных систем и их эволюции с конца палеогена поныне методами структурной геологии, структурной геоморфологии, сопоставления разрезов молассовых толщ межгорных впадин с их датированием методами палеонтологии, определения остаточной намагниченности и геолого-геоморфологической корреляции. Из-за обилия публикаций на эту тему отметим лишь работы основополагающие, обобщающие или применяющие новые для региона методы. Таковыми представляются работы [Шульц, 1948; Трофимов, 1973; Макаров, 1977; Крестников и др., 1979; Дмитриева, Несмеянов, 1982; Чедия, 1986; Bullen et al., 2001; Chen et al., 2002; Современная геодинамика..., 2005; Трифонов и др., 2008; Бачманов и др., 2009; Li Zhiwei et al., 2009; Макаров и др., 2010] по Тянь-Шаню, [Zhu Yunzhu et al., 1991; Li Jijun et al., 1995] по Тибету, [Яхимович и др., 1993; Thomas et al., 2002] по Зайсанской впадине, [Девяткин, 1965; Богачкин, 1981; Зыкин, Казанский, 1995; Зыкин, 2012; Деев, 2019] по Горному Алтаю и Чуйско-Курайской впадине. В работах [Крестников и др., 1979; Чедия, 1986; Li Jijun et al., 1995; Современная геодинамика..., 2005; Трифонов и др., 2008, 2012] обосновано усиление поднятия горных сооружений региона в плиоцен-четвертичное время.

Несмотря на обилие публикаций по отдельным горным сооружениям и межгорным впадинам отсутствуют работы, где бы рассматривались в целом структурное выражение северо-западной границы Высокой Азии и вытянутый вдоль этой границы кулисный ряд кайнозойских впадин. Соответственно, не проводился сравнительный анализ строения, тектонического положения и истории формирования впадин. Именно этим аспектам неотектоники посвящен Проект.

Научная новизна проекта

Научная новизна Проекта состоит в подходе к решению неотектонических проблем и отражена в формулировке цели проекта. До сих пор не ставилась задача оценить общее, хотя и дифференцированное поднятие северной части Высокой Азии (севернее Памира и Тибета) по сравнению с расположенными западнее горными сооружениями, частями Туранской плиты и Казахского щита и происхождение этого поднятия. Не ставилась задача сравнить структурное положение, строение и историю развития новейших впадин кулисного ряда, протягивающегося вдоль северо-западной границы Высокой Азии. Не ставилась задача найти неотектоническое выражение этой границы и установить ее соотношения с кулисным рядом впадин. Решению перечисленных взаимосвязанных задач посвящен Проект.

Элементы новизны содержатся и в подходах к решению отдельных задач. Так, к изучению неотектоники рассматриваемого региона будет привлечены материалы созданной участниками Проекта Новой базы данных об активных разломах Евразии [Бачманов и др., 2017] и разработанные методы их структурно-кинематического и тектонофизического применения [Бачманов и др., 2019]. При восстановлении истории новейшего развития впадин Тянь-Шаня будут использованы новые палеомагнитные определения, полученные в ходе выполнения Проекта. Опубликованные палеомагнитные определения немногочисленны и недостаточны для уточнения стратиграфии новейших отложений. При изучении строения верхней мантии будет применен разработанный участниками Проекта метод анализа различных баз сейсмотомографических данных глобальной сети, успешно использованный в разных регионах [Соколов, Трифонов, 2012; Трифонов, Соколов, 2017, 2019].

Предлагаемые подходы и методы, их обоснование

В первом разделе сформулированы семь задач, решение которых обеспечит, по мнению авторов Проекта, достижение его цели. Для этого будут проанализированы и использованы все доступные опубликованные материалы, в том числе, вышеупомянутая Новая база данных об активных разломах Евразии. Для изучения неотектонического положения и строения впадин кулисного ряда и неотектонического выражения северо-западной границы Высокой Азии будут проведены структурно-геоморфологические и структурно-геологические исследования на основе анализа (в частности, составлением профилей) моделей рельефа и топографических карт, сопоставления результатов такого анализа с геологическими картами, результатами интерпретации космических изображений и полевых наблюдений. К изучению впадин кулисного ряда будут применен дифференцированный подход. Относительно хорошо изученные Ферганская, Илийская и Чуйско-Курайская впадины будут проанализированы только на основе опубликованных материалов и результатов дистанционного зондирования. При изучении Нарынской и Иссык-Кульской будут использованы данные предшественников и материалы, полученные нами ранее и дополненные результатами палеомагнитных определений отобранных образцов, которые, надеемся, скорректируют стратиграфию и историю развития этих впадин. В Зайсанской и Алакульской впадинах, наряду с анализом опубликованных данных и дистанционных материалов, предполагается провести полевые наблюдения по изучению стратиграфии и деформаций кайнозойских отложений с отбором палеонтологического материала и образцов на определение остаточной намагниченности. Для изучения строения верхней мантии, глубинного выражения северо-западной границы Высокой Азии и кулисного ряда новейших впадин будет выполнен анализ сейсмотомографических данных глобальной сети с построением густой сети разрезов верхней мантии по разработанной авторами методике. Сопоставляя все полученные результаты, предполагается создать модель, которая может объяснить происхождение новейшего поднятия Высокой Азии, неотектонику его северо-западной границы и соотношение кулисного ряда кайнозойских впадин с этой границей.

Ожидаемые результаты реализации проекта и их научная и прикладная значимость

Главными ожидаемыми результатами представляются:

- (1) Определение возраста и источников поднятия северной части Высокой Азии (севернее Памира, Куньлуня и Тибета, являющихся структурными элементами Альпийско-Гималайского подвижного пояса).
- (2) Результаты сравнительного анализа строения и истории развития кайнозойских впадин, образующих кулисный ряд северо-восточного простирания вдоль северо-западной границы Высокой Азии.
- (3) Характеристика структурного выражения северо-западной границы Высокой Азии и структурной и кинематической роли указанного кулисного ряда впадин как элемента этой границы.

Эти главные результаты имеют важное научное значение для понимания возраста и причин новейшего горообразования, его соотношений с коллизионным взаимодействием плит, а также для познания структурного выражения, истории формирования и причин поперечной сегментации Альпийско-Гималайского подвижного пояса. Изучение новейшего (с конца олигоцена поныне) этапа развития Земли отличается от изучения более древних геологических образований дополнительными возможностями (более детальное стратиграфическое расчленение, использование рельефа как своеобразного репера для оценки тектонических деформаций, всеобщность распространения этого репера, геофизические данные, характеризующие современное состояние недр и происходящие в них изменения). Поэтому полученные неотектонические результаты могут быть использованы для интерпретации структурных соотношений и событий геологического прошлого, относящихся, прежде всего, к орогенным этапам развития.

В ходе работ по достижению главных результатов предполагается получить новые результаты регионального значения. К ним относятся новые данные по неотектонике, палеонтологическому и палеомагнитному обоснованию кайнозойской стратиграфии Зайсанской и Алакульской впадин, по уточнению кайнозойской стратиграфии Нарынской и Иссык-Кульской впадин, по активной тектонике региона.

Прикладное значение могут иметь новые данные по развитию рельефа и активности разломов региона для рационального землепользования и оценки сейсмической и других природных опасностей.

Общий план реализации проекта

Сформулированные в первом разделе задачи Проекта будут решаться в необходимой последовательности, причем по каждой задаче или ее разделу назначается ответственный исполнитель. Другие исполнители будут участвовать в решении такой задачи или ее раздела по мере необходимости. Исполнители разделяются на две группы, одна из которых участвует в проведении экспедиционных работ, а другая решает задачи, не требующие их проведения. Все исполнители анализируют и используют при решении стоящих перед ними задач опыт предшественников и результаты прежних работ исполнителей Проекта. Работы распределяются между участниками следующим образом.

Бачманов Д.М. – адаптация, коррекция и дополнение Новой базы данных по активным разломам применительно к задачам проекта; структурно-геоморфологическое изучение северо-западной границы Высокой Азии, впадин кулисного ряда и их обрамлений на основе анализа моделей рельефа, других топографических материалов и космических изображений; участие в анализе истории развития Нарынской и Иссык-Кульской впадин.

Буланов С.А. – участие в полевых работах в Зайсанской и Алакульской впадинах и на их обрамлениях и обработке полученных материалов с акцентом на структурно-геоморфологические исследования.

Гайдаленок О.В. – участие в полевых работах в Зайсанской и Алакульской впадинах, описании разрезов, отборе образцов и обработке полученных материалов.

Гарипова С.Т. – участие в полевых работах в Зайсанской и Алакульской впадинах, описании разрезом, отборе образцов и обработке полученных материалов.

Симакова А.Н. – участие в полевых работах в Зайсанской и Алакульской впадинах с акцентом на поиски и отбор палеонтологического материала; обработка и обобщение палинологических данных.

Соколов С.А. – участие в полевых работах в Зайсанской и Алакульской впадинах и на их обрамлениях и обработке полученных материалов с акцентом на изучение новейших, в том числе, позднечетвертичных деформаций.

Соколов С.Ю. – анализ сейсмотомографических данных с целью изучения строения верхней мантии под кулисным рядом впадин и по обе стороны северо-западной границы Высокой Азии; участие в геодинамической интерпретации полученных данных.

Трифонов В.Г. – ответственный исполнитель работ по анализу и сопоставлению данных о неотектонике и тектонической эволюции северо-западной границы Высокой Азии, оценке амплитуд, возраста и источников ее поднятия и соотношений кулисного ряда впадин с этой границей.

Трихунков Я.И. – ответственный исполнитель работ по полевому изучению Зайсанской и Алакульской впадин и обработке полевых материалов, получению новых магнито-стратиграфических данных по Нарынской и Иссык-Кульской впадинам; сравнительный анализ неотектонического развития впадин кулисного ряда.

Фролов П.Д. – участие в полевых работах в Зайсанской и Алакульской впадинах с акцентом на поиски и отбор палеонтологического материала; обработка и обобщение малакофауны.

План реализации проекта по годам:

2020 год – основные работы по сбору и обобщению опубликованных материалов по тематике Проекта; структурно-геоморфологические и неотектонические (включая активные разломы) исследования на основе анализа дистанционных материалов; полевые работы в Зайсанской впадине и на ее обрамлениях; обработка полевых материалов и палеомагнитных образцов из Нарынской и Иссык-Кульской впадин; подготовка первых публикаций по неотектонике, палеонтологической характеристике и стратиграфии Зайсанской впадины.

2021 год – продолжение структурно-геоморфологических и неотектонических исследований на основе анализа дистанционных материалов; анализ сейсмотомографических данных с целью изучения строения верхней мантии под кулисным рядом впадин и по обе стороны северо-западной границы Высокой Азии; предварительное обобщение данных о неотектонике северо-западной границы Высокой Азии и ее выражении в строении верхней мантии; полевые работы в Алакульской впадине и на ее обрамлениях; обработка полевых материалов.

2022 год – полевые работы, место проведения которых будет зависеть от результатов работ 2020 и 2021 годов; завершения работ по всем задачам Проекта; создание модели строения, происхождения и развития новейшей структуры северо-западной границы Высокой Азии и впадин кулисного ряда; подготовка публикаций по результатам выполненных исследований.

Ожидаемые научные результаты за первый год реализации проекта

Ожидаемые научные результаты складываются из статей, которые будут подготовлены к опубликованию или опубликованы в рецензируемых журналах в 2020 г., и новых данных, которые, как ожидается, будут получены в ходе работ по Проекту.

Публикации:

(1) Трихунков Я.И., Буланов С.А., Бачманов Д.М., Сыромятникова Е.В., Латышев А.В., Сапаргалиев Е.М., Кравченко М.М., Азельханов А.Ж. Морфоструктура южной части Зайсанской впадины и ее горного обрамления (журнал «Геоморфология»)

(2) Трихунков Я.И., Сыромятникова Е.В., Латышев А.В., Буланов С.А., Тесаков А.С. Стратиграфия и история кайнозойского развития Зайсанской впадины (журнал «Стратиграфия. Геологическая корреляция»?).

Ожидаемые новые данные:

(1) Новые палеонтологические и палеомагнитные данные, уточняющие стратиграфию Зайсанской впадины.

(2) Новые данные о четвертичных разломах района Зайсанской впадины.

(3) Новые данные о магнито-стратиграфии Нарынской и Иссык-Кульской впадин.

Имеющийся у коллектива научный задел по проекту

С 1970 г. В.Г. Трифонов проводил изучение активных разломов Тянь-Шаня и Джунгарского Алатау, в ходе которого совершенствовалась методика таких исследований и были получены важные научные и прикладные (для оценки сейсмической опасности) результаты [Трифонов, 2083; Трифонов др., 1990, 2002; Trifonov et al., 1992, 2015]. С 2003 г. Д.М. Бачманов, В.Г. Трифонов и позднее Я.И. Трихунков изучали стратиграфию и строение Нарынской, Иссык-Кульской и других новейших впадин и неотектонику Центрального Тянь-Шаня [Бачманов и др., 2008, 2009; Буланов, Трихунков, 2013]. Было показано, что подъем этого горного сооружения происходил медленно под действием коллизионного сжатия с конца олигоцена до плиоцена и резко ускорился в четвертичное время из-за разуплотнения горных пород на уровне верхов мантии и низов коры [Трифонов и др., 2008]. В 2008 г. Я.И. Трихунков и Е.В. Сыромятникова описали кайнозойские разрезы Зайсанской впадины, сделали палеонтологические находки и начали отбор палеомагнитных образцов. Путем анализа сейсмотомографических данных глобальной сети были построены первые скоростные разрезы верхней мантии Высокой Азии и соседних регионов [Соколов, Трифонов, 2012; Трифонов, Соколов, 2018]. Информационным ресурсом, важным для изучения активной тектоники региона, является созданные авторами Проекта Новая база данных об активных разломах Евразии и приемы ее использования для структурно-кинематического и тектонофизического анализа [Бачманов и др., 2017, 2019]. Важное методическое значение для планируемых работ имеют исследования неотектоники и новейших отложений, выполненные участниками Проекта в других регионах Альпийско-Гималайского пояса и Центральной Азии (на юге России, а также в Азербайджане, Армении, Иране, Монголии, Сирии, Таджикистане и Турции). Участники Проекта снабжены персональными компьютерами, периферийным оборудованием и программным обеспечением, а также другим оборудованием, необходимым для работ по Проекту. Необходимые аналитические работы обеспечены материально-технической базой Геологического института РАН, где работают участники Проекта, и сложившейся кооперацией с другими организациями.

Публикации, наиболее близко относящиеся к проекту за последние 5 лет

(1) Бачманов Д.М., Зеленин Е.А., Кожурин А.И., Трифонов В.Г. Использование базы данных активных разломов Евразии при решении тектонических задач // Геодинамика и тектонофизика. 2019. № 4.

(2) Бачманов Д.М., Кожурин А.И., Трифонов В.Г. База данных активных разломов Евразии // Геодинамика и тектонофизика. 2017. Т. 8, № 4. С. 711–736. Bachmanov D.M., Kozhurin A.I., Trifonov V.G. The active faults of Eurasia database // Geodynamics & Tectonophysics. 2017. Vol. 8 issue 4. P. 711–736 – doi: 10.5800/GT-2017-8-4-0314.

(3) Tesakov A.S., Guydalenok O.V., Sokolov S.A., Frolov P.D., Trifonov V.G., Simakova A.N., Latyshev A.V., Titov V.V. and Shchelinckii V.E. Tectonics of Pleistocene Deposits on the Northern Taman Peninsula, Southern Sea of Azov Region // Geotectonics, Vol 53. No. 5, pp. 548 – 568. DOI: 10.1134/S0016852119050066

(4) Трифонов В.Г., Соколов С.Ю. Тектонические явления мезозоя и кайнозоя и геодинамические процессы, их определяющие // Геотектоника. 2018. № 5. С. 75–89. Trifonov V. G., Sokolov S. Yu. Tectonic Phenomena and Supervising Underlying Geodynamic Processes // Geotectonics. 2018. Vol. 52, No. 5. P. 564–577 – DOI: 10.1134/S0016853X18050077.

(5) Трифонов В.Г., Соколов С.Ю. Структура мантии и тектоническая зональность центральной части Альпийско-Гималайского пояса // Геодинамика и тектонофизика. 2018. Т. 9. № 4. С. 1127–1145. Trifonov V.G., Sokolov S.Yu. Structure of the mantle and tectonic zoning of the central Alpine-Himalayan Belt // Geodynamics & Tectonophysics. 2018. Vol. 9 issue 4. P. 1127–1145 – doi:10.5800/GT-2018-9-4-0386.

(6) Трифонов В.Г., Соколов С.Ю. Подлитосферные течения в мантии // Геотектоника. 2017. № 6. С. 3–17. Trifonov V. G., Sokolov S. Yu. Sublithospheric Flows in the Mantle // Geotectonics. 2017. Vol. 51, No. 6. P. 535–548 – doi: 10.1134/S0016852117060085.

(7) Трифонов В.Г. Неотектоника подвижных поясов. М.: ГЕОС, 2017. 180 с. (http://neotec.ginras.ru/comset/_trifonov-v-g-2017-neotektonika-podvizhnyh-poyasov-chast-1.pdf)

(8) Трифонов В.Г., Соколов С.Ю. Сопоставление тектонических фаз и инверсий магнитного поля в позднем мезозое и кайнозое // Вестник Российской академии наук. 2017. Том 87, № 12. С. 1091–1097. Trifonov V. G., Sokolov S. Yu. Comparison of Tectonic Phases and Geomagnetic Reversals in the Late Mesozoic and in the Cenozoic // Herald of the Russian Academy of Sciences. 2018. Vol. 88, No. 1. P. 37–43. DOI: 10.1134/S1019331617060119.

(9) Трифонов В.Г. Коллизия и горообразование // Геотектоника, 2016. № 1. С. 3–25. Trifonov V.G. Collision and Mountain Building // Geotectonics. 2016. Vol. 50, No. 1. P. 1–20. DOI: 10.1134/S0016852116010052.

(10) Трифонов В.Г., Соколов С.Ю. На пути к постплейт-тектонике // Вестник РАН, 2015, т.85, № 7. С. 605–615. Trifonov V. G., Sokolov S. Yu. Toward Postplate Tectonics // Herald of the Russian Academy of Sciences. 2015, Vol. 85, No. 4, pp. 331–341. DOI: 10.1134/S1019331615040048.

Цитированная литература (кроме указанной выше)

1. Абдрахматов К.Е., Уэлдон Р., Томпсон С., Бурбанк Д., Рубин Ч., Миллер М., Молнар П. Происхождение, направление и скорость современного сжатия Центрального Тянь-Шаня (Киргизия) // Геология и геофизика. 2001. Т. 42, № 10. С. 1585–1609.

2. Артемьев М.Е. Изостазия территории СССР. М.: Наука, 1975. 215 с.

3. Артюшков Е.В. Физическая тектоника. М.: Наука, 1993. 457 с. Артюшков Е.В. Резкое размягчение континентальной литосферы как условие проявления быстрых и крупномасштабных тектонических движений // Геотектоника, 2003, № 2, с. 39–56.

4. Артюшков Е.В. Новейшие поднятия земной коры как следствие инфильтрации в литосферу мантийных флюидов // Геология и геофизика. 2012. Т. 53, № 6. С. 738–760.

5. Бачманов Д.М., Трифонов В.Г., Миколайчук А.В., Вишняков Ф.А., Зарщиков А.А. Минкуш-Кёкёмеренская зона новейшей транспрессии в Центральном Тянь-Шане // Геотектоника. 2008. № 3. С. 30–50.

6. Бачманов Д.М., Трифонов В.Г., Миколайчук А.В., Додонов А.Е., Зарщиков А.А., Вишняков Ф.А. Неотектоническое развитие Центрального Тянь-Шаня по данным о строении новейших впадин // Геодинамика внутриконтинентальных орогенов и геоэкологические проблемы. Бишкек: Научная станция РАН, 2009. С.12–19.

7. Богачкин Б.М. История тектонического развития Горного Алтая в кайнозое. М.: Наука, 1981. 131 с.

8. Буланов С.А. Памиро-Алайский тип складчатого горообразования // Развитие рельефа и динамика литосферы. М.: Наука, 1994. С. 165–172.

9. Буланов С.А. Особенности внутриконтинентального орогенеза (на примере Центральноазиатского горного пояса) // Геоморфология. 2002. № 4. С. 41–52.

10. Буланов С.А., Трихунков Я.И. Инверсия складчатого рельефа как показатель тангенциального сжатия земной коры // Геоморфология. 2013. № 1. С. 11–18.

11. Буртман В.С. Тянь-Шань и Высокая Азия: Геодинамика в кайнозое. Труды Геологического Института, Вып. 603. М.: ГЕОС, 2012. 188 с.

12. Девяткин Е.В. Кайнозойские отложения и неотектоника Юго-Восточного Алтая. М.: Наука, 1965. 242 с.
13. Деев Е.В. Неотектоника и палеосейсмичность внутригорных впадин северной части Центральной Азии (на примере Горного Алтая и Северного Тянь-Шаня). Дисс. д-ра геол.-мин. наук. М.: ИФЗ РАН, 2019.
14. Дмитриева Е.Л., Несмеянов С.А. Млекопитающие и стратиграфия континентальных третичных отложений юго-востока Средней Азии. М.: Наука, 1982. 140 с.
15. Дьюи Дж., Берд Дж. Горные пояса и новая глобальная тектоника // Новая глобальная тектоника. М.: Мир, 1974. С. 191–219.
16. Зыкин В.С. Стратиграфия и эволюция природной среды и климата в позднем кайнозое юга Западной Сибири. Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2012. 487 с.
17. Зыкин В.С., Казанский А.Ю. Стратиграфия и палеомагнетизм кайнозойских (дочетвертичных) отложений Чуйской впадины Горного Алтая // Геология и геофизика. 1995. Т. 36. № 10. С. 75–90.
18. Корженков А.М. Сейсмогеология Тянь-Шаня (в пределах территории Кыргызстана и прилегающих районов). Бишкек: Илим, 2006. 290 с.
19. Крестников В.Н., Белоусов Т.П., Ермилин В.И., Чигарев Н.В., Штанге Д.В. Четвертичная тектоника Памира и Тянь-Шаня. М.: Наука, 1979. 116 с.
20. Летников Ф.А. Магмообразующие флюидные системы континентальной литосферы // Геология и геофизика. 2003. Т. 44, № 12. С. 1262–1269.
21. Ли Сыгуан. Геология Китая. М.: Изд-во иностр. лит., 1952. 520 с.
22. Макаров В.И. Новейшая тектоническая структура Центрального Тянь-Шаня. М.: Наука, 1977. 172 с.
23. Макаров В.И., Алексеев Д.В., Баталев В.Ю., Баталева Е.А., Беляев И.В., Брагин В.Д., Дергунов Н.Т., Ефимова Н.Н., Кнарр J.H., Леонов М.Г., Л.М. Мунирова, Павленкин А.Д., Роескер S.W., Рослов Ю.В., Рыбин А.К., Щелочков Г.Г. Поддвиг Тарима под Тянь-Шань и глубинная структура зоны их сочленения: основные результаты сейсмических исследований по профилю MANAS (Кашгар – Сонкёль) // Геотектоника. 2010. № 2. С. 23 – 42.
24. Рогожин Е.А. Очерки региональной сейсмотектоники. М.: ИФЗ РАН, 2012. 340 с.
25. Современная геодинамика областей внутриконтинентального коллизионного горообразования (Центральная Азия) / Под ред. Н.П. Лавёрова, В.И. Макарова. М.: Научный мир, 2005. 400 с.
26. Соколов С.Ю., Трифонов В.Г. Роль астеносферы в перемещении и деформации литосферы (Эфипско-Афарский суперплюм и Альпийско-Гималайский пояс) // Геотектоника. 2012. № 3. С. 3–17.
27. Трифонов В.Г. Позднечетвертичный тектогенез. М.: «Наука», 1983. 224 с.
28. Трифонов В.Г. Коллизия и горообразование // Геотектоника. 2016. № 1. С. 1–23.
29. Трифонов В.Г., Артющков Е.В., Додонов А.Е., Бачманов Д.М., Миколайчук А.В., Вишняков Ф.А. Плиоцен-четвертичное горообразование в Центральном Тянь-Шане // Геология и геофизика. 2008. Т. 49, № 2. С.128–145.
30. Трифонов В.Г., Иванова Т.П., Бачманов Д.М. Новейшее горообразование в геодинамической эволюции центральной части Альпийско-Гималайского пояса // Геотектоника. 2012. № 5. С. 3–20.
31. Трифонов В.Г., Макаров В.И., Скобелев С.Ф. Таласо-Ферганский активный правый сдвиг // Геотектоника. 1990. № 5. С. 81–90.
32. Трифонов В.Г., Соболева О.В., Трифонов Р.В., Востриков Г.А. Современная геодинамика Альпийско-Гималайского коллизионного пояса. М.: ГЕОС, 2002. 250 с.

33. Трофимов А.К. Основные этапы развития рельефа гор Средней Азии. Ярусность рельефа гор Средней Азии и проблема коррелятивных отложений // Закономерности геологического развития Тянь-Шаня в кайнозое. Фрунзе: Илим, 1973. С.98-127.
34. Хаин В.Е. Яблонская Н.А. Неотектоника Азии: 75 лет после Эмиля Аргана // Геотектоника. 1997. № 6. С. 3–15.
35. Чедия О.К. Морфоструктуры и новейший тектогенез Тянь-Шаня. Фрунзе: Илим, 1986. 247 с.
36. Шульц С.С. Анализ новейшей тектоники и рельеф Тянь-Шаня. М.: Географгиз, 1948. 224 с.
37. Яхимович В.Л., Борисов Б.А., Сулейманова Ф.И., Данукалов Н.Ф. Магнитостратиграфическая шкала Кайнозоя Зайсанской впадины и ее биостратиграфическое обоснование. Уфа: УНЦ РАН, АН РБ. 1993, 68 с.
38. Bullen M.E., Burbank D.W., Garver J.I., Abdrakhmatov K.Ye. Late Cenozoic tectonic evolution of the northwestern Tien Shan: New age estimates for the initiation of mountain building // Bull. Geol. Soc. Amer. 2001. Vol.113, N 12. P.1544.
39. Chen Jie, Burbank D.W., Scharer K.M., Sobel E., Yin Jinhui, Rubin C., Zhao Ruibin. Magnetostratigraphy of the Upper Cenozoic strata in the Southwestern Chinese Tian Shan: rates of Pleistocene folding and thrusting // Earth and Planetary Science Letters. 2002. Vol. 195. P. 113–130. PII: S 0 0 1 2 - 8 2 1 X (0 1) 0 0 5 7 9 - 9
40. De Grave J., Buslov M.M., Van der Haute H. Distant effects of India–Eurasia convergence and Mesozoic intracontinental deformation in Central Asia: Constraints from apatite fission-track thermochronology // J. Asian Earth Sci. 2007. Vol. 29. P. 188–204.
41. Ding Guoyu. Active faults in China // A collection of papers of International Symposium on continental seismicity and earthquake prediction (ISCSEP). Beijing: Seismol. Press, 1984. P. 225–242.
42. Ding Guoyu, Lu Yanchou. A preliminary discussion on the status of recent intraplate motions in China // Kexue Tongbao. 1988. Vol. 33, N 1. P. 52–57.
43. Li Jijun. Uplift of the Qinghai-Xizang (Tibet) Plateau and global change. Lanzhou: Univ. Press, 1995. 207 p.
44. Li Zhiwei, Roeker S., Li Zhihai, Wei Bin, Wang Haitao, Schelochkov G., Bragin V. Tomographic image of the crust and upper mantle beneath the western Tien Shan from the MANAS broadband deployment: Possible evidence for lithospheric delamination // Tectonophysics. 2009. Vol. 477, issues 1–2 (1 November 2009). P. 1–102.
45. Molnar P., Deng Qidong. Faulting associated with large earthquakes and average rate of deformation in central and eastern Asia // J. Geophys. Res. 1984. Vol. 89, N B7. P. 6203 – 6227.
46. Molnar P., Tapponnier P. Cenozoic Tectonics of Asia: Effects of a continental collision // Science. 1975. Vol.189, N 4201. P. 419–426.
47. Sobel E., Mikolaichuk A.V., Jie C., Burbank D. Development of the Late Cenozoic Central Tien Shan in Kyrgyzstan and China recorded by apatite fission track thermochronology // Tectonophysics (T71D-03) AGU Fall Meeting, 15–19 Dec. 2000. F1156.
48. Tapponnier P., Molnar P. Slip-line theory and large-scale continental tectonics // Nature. 1976. Vol. 264, N 5584. P. 319–324.
49. Thomas J.C., Lanza R., Kazansky A., Zykin V., Semakov N., Mitrokhin D., and Delvaux D. Paleomagnetic study of Cenozoic sediments from the Zaisan basin (SE Kazakhstan) and the Chuya depression (Siberian Altai): tectonic implications for central Asia // Tectonophysics. 2002. Vol. 351. P. 119–137.
50. Trifonov V.G. Late Quaternary tectonic movements of Western and Central Asia // Bull. Geol. Soc. Amer. 1978. Vol. 89, N 7. P. 1059–1072.
51. Trifonov V.G., Makarov V.I., Skobelev S.F. The Talas-Fergana active right lateral fault // Ann. Tectonicae. Special Issue. 1992. Supplement to Vol.6. P. 224–237.

52. Trifonov V.G., Sokolov S.Yu. Late Cenozoic tectonic uplift producing mountain building in comparison with mantle structure in the Alpine-Himalayan Belt // Intern. J. of Geosciences. 2014. Vol. 5. P. 497–518.
53. Zhu Yunzhu, Cheng Guo, Wu Bihao et al. Uplifting of Qinghai-Tibet Plateau and changing of East Asia environment in Quaternary // Intern. Union for Quaternary Res. 13th Intern. Congr. Abst. Beijing, 1991. P. 438.
54. Zubovich A.V., Wang X., Scherba Yu.G., Schelochkov G.G., Reilinger R., Reigber Ch., Mosienko O.I., Molnar P., Michajljow W., Makarov V.I., Li J., Kuzikov S.I., Herring T.A., Hamburger M.W., Hager B.H., Dang Y., Bragin V.D., Beisenbaev R.T. GPS velocity field for the Tien Shan and surrounding regions // Tectonics. 2010. Vol. 29, P. 1–23.