

Заявка. Форма 1. Сведения о проекте

Название проекта

Активная тектоника новейших подвижных поясов Северной Евразии

на английском языке

Active tectonics of recent mobile belts of Northern Eurasia

Ключевые слова

подвижный пояс, активные разломы, плиоцен-четвертичное горообразование, датирование геологических, сейсмических событий, базы данных

на английском языке

mobile belt, active faults, Pliocene-Quaternary mountain building, dating of geological and seismic events, database

Аннотация проекта

Проект направлен на изучение активной тектоники и кинематики плиоцен-четвертичных подвижных поясов Северной Евразии (рис.). Плиоцен-четвертичное время представляет специфическую стадию тектонического развития Земли, в течение которой, по сравнению с более ранними стадиями развития новейших подвижных поясов, во-первых, возрастает роль перемещений по разломам, особенно сдвигового типа, и, во-вторых, усиливаются вертикальные движения, что привело к образованию современных горных систем. Соответственно, в ходе работ по проекту предполагается получить новые данные, во-первых, о распределении и кинематике активных структур, прежде всего, разломов, как наиболее надежных индикаторов тектонических режимов и движений; во-вторых, о плиоцен-четвертичных отложениях, формах рельефа и их деформациях, как проявлениях вертикальных движений, приведших к горообразованию. Наиболее детально, с проведением полевых работ, будут исследованы ключевые участки северо-запада Тихоокеанского (периокеанического) подвижного пояса (Камчатка, Сахалин, Северо-восток Азии), Аравийско-Кавказского сегмента Альпийско-Гималайского пояса (Большой Кавказ, Северная Армения, Восточная Турция) и отдельных областей северного фланга того же пояса (Крым, Центральный Тянь-Шань, Зайсанская впадина между ним и Алтаем). Будут решаться задачи восстановления параметров новейших движений в каждом из поясов, структуры областей сочленения внутриконтинентальных поясов с периокеаническим поясом, выявления природы вертикальных движений, создавших горные сооружения, которыми подвижные пояса выражены. Конкретные частные задачи, решаемые в ходе реализации проекта, объединяются в четыре группы.

Первая группа – совершенствование разработанных методов идентификации, датирования и интерпретации тектонических событий с применением новых технологий. Для целей проекта наиболее важное значение имеют

- идентификация следов палеоземлетрясений в зонах активных разломов с целью оценки их сейсмического потенциала (максимальных возможных магнитуд M_{max} и интервалов повторяемости сильнейших землетрясений);

- оценка интенсивности вертикальных движений по величинам речных врезов и особенностям накопленного обломочного материала;

- реконструкция палеогеографической обстановки разных эпох плиоцен-квартера по литологическим данным, остаткам фауны и данным спорово-пыльцевого анализа.

Принципиально отыскать оптимальное сочетание методов интерпретации материалов дистанционного зондирования с наземными методами параметризации и датирования проявлений тектонических событий (методы структурно-геологические и структурно-геоморфологические, радиоизотопные, палеонтологические, включая спорово-пыльцевой анализ, археологический, тефрохронологический и определений остаточной намагниченности горных пород и рыхлых отложений). Для оценки роли глубинных процессов в эволюции поясов потребуются совершенствование методов сопоставления геофизических данных о свойствах земной коры и мантии с геолого-геоморфологическими индикаторами строения коры и данными о вертикальных движениях земной поверхности.

Вторая группа решаемых в ходе работ по проекту частных задач – получение новых данных об активной тектонике узловых участков на Камчатке, Сахалине, в Горном Крыму и Керченско-Таманской области, Восточной Турции, Северной Армении, западной части и северном склоне Большого Кавказа, Центральном Тянь-Шане и Зайсанской впадине. Они представляют два

крупнейших подвижных пояса Евразии – Притихоокеанский и Альпийско-Гималайский, причём работы в Альпийско-Гималайском поясе запланированы таким образом, чтобы, во-первых, с учётом ранее выполненных работ в Армении и Сирии пересечь все продольные структуры пояса в его Аравийско-Кавказского сечении и, во-вторых, выявить изменения вдоль пояса, для чего помимо этого сечения, планируются исследования в Крыму, Центральном Тянь-Шане и Зайсанской впадине.

Третья группа частных задач – завершение обобщения данных об активной тектонике подвижных поясов в виде новой, унифицированной по своим параметрам базы данных об активных разломах Северной Евразии и ее насыщение имеющимися и полученными сведениями о плиоцен-четвертичных движениях по разломам. Её содержание – пространственное положение разломов, их кинематика, значимость (неотектоническое положение и интенсивность движений), величины смещений, достоверность выделения и параметризации, методы изучения, сейсмические и иные геодинамические проявления, источники информации. Часть этой базы данных для территории России уже создана и использована для создания нового комплекта карт общего сейсмического районирования России ОСП-2016. На основе базы данных будут выполнены геодинамические обобщения (поле компонент современной деформации) по отдельным регионам подвижных поясов и для Северной Евразии в целом. Такая база данных для Евразии создаётся впервые, и её научное и практическое значение очевидно.

Четвёртая группа задач – изучение вертикальных движений, приведших к созданию современного горного рельефа подвижных поясов. Будут обобщены данные (включая полученные в ходе реализации проекта) о параметрах поднятий (амплитуды, скорости, складчатая, блоковая или сводовая морфология), проанализированы их возможные связи с взаимодействием литосферных плит и глубинными преобразованиями и перемещениями мантийного вещества. Такой анализ потребует сопоставления полученных геологических данных с данными о свойствах земной коры и мантии.

на английском языке

The Project aims at studying active tectonics and kinematics of the Pliocene-Quaternary mobile belts of Northern Eurasia (Fig.). The Pliocene-Quaternary period features a somewhat specific period when movements along faults, especially strike-slip faults, and rather fast mountain building vertical movements have come to play major role in the Earth's tectonic evolution. Working on this Project we plan to obtain new data, first, on distribution and kinematics of active tectonic features, mainly faults, which are most reliable indicators of tectonic regimes and motions, and, second, on Pliocene-Quaternary sediments, land forms, and deformational pattern as indicators of mounting building movements. We are going to study in details, primarily in the field, the key segments of both belts. In the Circum-Pacific belt, these are Kamchatka, the Island of Sakhalin, and the far North-West of Asia. In the Alpine-Himalayan belt, these will be some areas in the Greater Caucasus Mts., Northern Armenia and East Turkey of the Arabia-Caucasus sector of the belt, then the Crimea, the Central Tien-Shan Mts., and the Zaysan depression easterly of the northern flank of the belt. We will focus on revealing parameters of single (general) movements along each of the belts (relative motions of the areas a belt divide), structure of the areas where the Circum-Pacific and the intracontinental belts join, and the sources of vertical movements that built mountain edifices.

Particular tasks of the Project combine in four groups.

Tasks of the first group include development and improvement of our methods of identification, dating and interpretation of tectonic events. This relates first of all to

- identification of paleoseismic events caused by active fault movements, their recurrence periods, and evaluation of seismic potential (M_{max}) of faults;
- estimation of rates of vertical movements based on incision rates and characteristics of accumulated clastic material;
- reconstruction of environmental parameters of different time intervals within the Pliocene-Quaternary time by lithological, faunistic and pollen analyses.

Fundamentally important is to find optimal ratio between methods of remote study (based on satellite and aerial images, digital topography etc.) and field-based geologic, geomorphologic, radio-isotopic, paleontological (including spore-and-pollen analysis), archaeological, tephrochronological and paleomagnetic methods for parametrization and dating of tectonic events. In order to better understand the process of mountain building, enhancement of correlation of data on geophysical properties of the Earth's crust and mantle and geologic and geomorphologic data on its vertical movements is needed and is to be done.

The second group of tasks is more specific and implies acquiring more new data in active tectonics of some of key regions, such as Kamchatka, Sakhalin, the northwestern Greater Caucasus, Crimea, Lesser Caucasus (Armenia), and Eastern Turkey. These regions represent two major mobile belts of Eurasia, which are Circum-Pacific and Alpine-Himalayan belts. The latter, in the course of the project, will be studied in all its cross-section (taking into account our previous studies in Syria).

The third group of tasks includes synthesis of what we know and will know about active tectonics of mobile belts in Northern Eurasia. The final product will be a unified database of active faults in Northern Eurasia saturated with data on their Pliocene-Quaternary activity. The database will summarize faults location, sense of movements, values of cumulative displacements, reliability of data, methods of study, seismic and other manifestations of active fault movements, as well as indication of data sources. The data base will ensure reliable geodynamic modeling (components of recent deformation) of segments of the belts and the entire Northern Eurasia. Part of the data base was compiled earlier and then used for generating the new "2016 OSR" Maps of seismic zoning of the Russian territory. Fourth group of tasks relates to mountain building vertical movements. The data (including those obtained under the Project) on amplitudes, rates of vertical movements, and morphology of uplifted areas (block, fold or block-fold) will be summarized, correlated with plate tectonic models and analyzed in terms of probable links with process of upper mantle transformation and migration.

Ожидаемые результаты и их значимость

(1) Новая унифицированная база данных об активных разломах подвижных поясов Северной Евразии, включающая данные как имевшиеся до выполнения проекта, так и полученные в ходе его выполнения. В отличие от существующей версии базы данных, которая стала основой карт ОСР-2016, новая база будет включать сведения не только о позднечетвертичных движениях по разломам, но и имеющиеся сведения об их плиоцен-четвертичной активности. Особое внимание при составлении базы будет уделено Тянь-Шань-Алтай-Становому подвижному поясу, системе поднятий хребтов Момский и Черский, а также крайним северо-восточным районам Азии, в отношении разломной тектоники которых надежных данных до сих пор мало.

Построение базы данных будет соответствовать принятым в мировой научной практике стандартам, в том числе, критериям, разработанным в рамках международного проекта II-2 «Карта крупных активных разломов Мира» Международной программы «Литосфера», где руководитель предлагаемого проекта был сопредседателем, а его участники – ведущими исполнителями.

(2) Новые данные о величинах и скоростях плиоцен-четвертичных вертикальных движений и их распределении в пределах горных поясов. Эти данные, как и данные об активных разломах, являются базовыми для моделей движений в пределах подвижных поясов, а также, в практическом плане, для выявления районов возможного развития катастрофических явлений (возможных нарушений и деформаций земной поверхности и приземного грунта и катастрофических перемещений горных масс на земной поверхности в виде разрушительной эрозии, обвалов, оползней и селей, и т.п.).

(3) Совместный анализ данных (1) и (2) приведет к следующим результатам.

(3.1). Будут выявлены основные черты кинематики подвижных поясов и структуре и возможных трансформациях движений в областях смыкания внутриконтинентальных поясов с периокеаническим. Особое внимание будет уделено кинематике Тянь-Шань-Алтай-Станового пояса, системы хребтов Момский и Черский, и взаимодействию каждого (типу сочленения) с периокеаническим Тихоокеанский поясам. Полученные модели кинематики подвижных поясов послужат конкретным представлением идеи диффузности границ плит и развитием плейт-тектонических представлений о плитных взаимодействиях.

(3.2). Будет оценена величина поперечного сокращения в коллизионных сегментах поясов и выявлен вклад такого сокращения в рост горных сооружений.

(3.3). Будет оценен эффект возможных глубинных преобразований вещества на уровне низов коры и верхней мантии на процессы горообразования в подвижных поясах, и разработана модель горообразования как интегральном результате взаимодействия плит и подкорковых процессов.

Разрабатываемый участниками проекта комплекс методов определения и датирования вертикальных тектонических движений, приводящих к горообразованию (геолого-геоморфологические корреляции, литология продуктов осадконакопления, радиоизотопные, палеонтологические, археологический и палеомагнитный методы датирования событий) находится на уровне современных технологий и редко применяется исследователями в столь же полном объеме.

Все перечисленные результаты участники проекта предполагают опубликовать в рецензируемых российских и зарубежных изданиях, индексируемых в базах данных Web of Science или Scopus. База данных об активных разломах, после оформления авторских прав на нее, будет размещена в сети для свободного доступа и может обновляться по мере поступления новых данных.

на английском языке

(1) Database of active faults in mobile belts of Northern Eurasia, which will integrate the already existing data with the data obtained under the Project. As distinct from the existing version that provided seismotectonic basis for "OSR-2016" Maps, the new data base is to be expanded to contain also parameters of Pliocene-Quaternary activity of the faults. Working on the data base we shall focus specifically on the Tien Shan-Altay-Stanovoy belt, the mountainous system of the Mомsky and Chersky

Ranges, and far North-west of Asia, which are so far the regions poorly explored in terms of active faulting.

The data base will comply with world-wide standards for GIS-based data sets, and will meet the requirements elaborated earlier in the course of the International II-2 Project "Major active faults of the World" of the international Lithosphere Program, which was co-chaired by the leader of the present Project, and its participants were principal executers).

(2) New data of magnitudes and rates of Quaternary vertical movements and their distribution within mountainous belts. These data together with data in active faulting are fundamental for kinematic models of mobile belts, and are also applicable for recognition the areas prone to such catastrophic phenomena as land surface deformation, landslides, mudflows, etc.

(3) Joint analysis of (1) and (2) data will bring to the following results:

(3.1) Understanding basic kinematic features of mobile belts, and structural pattern of the areas where the intracontinental belts join with the Circum-Pacific belt. The latter relates mainly to the Tien Shan-Altay-Stanovoy belt and the system of the Minsky and Chersky Ranges. The resulting kinematic models of the belts will provide a specific view of the diffuse plate boundaries and will serve to development of plate tectonic conception of plates interaction.

(3.2) estimation of the amount of transverse shortening in collisional segments of the belts, and contribution of this shortening to mountain building.

(3.3) estimation of the effects of the probable lower crust and upper mantle transformations and movements on mountain building, the conceptual model of mountain building integrating both plates interaction and subcrust processes.

Complex of the methods of recognition and dating of vertical movements, which result in mountain building (geologic-geomorphologic correlations, lithologic composition of sediments, radio-isotopic, paleontologic, archaeologic and paleomagnetic dating of tectonic events), comply to modern technologies level and is rarely exercised in such a full span.

All the results are to be published in Russian and foreign journals indexed by Web of Science or Scopus. The active fault database, copyrighted, will be freely accessed in web.

В состав научного коллектива будут входить:

10 исполнителей проекта (включая руководителя),

в том числе:

6 исполнителей в возрасте до 39 лет,

из них:

1 очных аспирантов, адъюнктов, интернов, ординаторов, студентов.

Планируемый состав научного коллектива

Трифонов Владимир Георгиевич, 80 лет, доктор геолого-минералогических наук, профессор, главный научный сотрудник ФГБУН Геологического института РАН (ГИН РАН) на основе трудового договора;

Кожурин Андрей Иванович, 60 лет, доктор геолого-минералогических наук, заведующий лабораторией Института вулканологии и сейсмологии Дальневосточного отделения РАН и по совместительству заведующий лабораторией ГИН РАН на основе трудового договора;

Бачманов Дмитрий Михайлович, 47 лет, кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник ФГБУН Геологического института РАН на основе трудового договора;

Симакова Александра Николаевна, 56 лет, кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник ФГБУН Геологического института РАН на основе трудового договора;

Соколов Сергей Александрович, 30 лет, кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник ФГБУН Геологического института РАН на основе трудового договора;

Трихунков Ярослав Игоревич, 35 лет, кандидат географических наук, старший научный сотрудник ФГБУН Геологического института РАН на основе трудового договора;

Фролов Павел Дмитриевич, 29 лет, кандидат геолого-минералогических наук, научный сотрудник ФГБУН Геологического института РАН на основе трудового договора;

Гайдалёнок Ольга Александровна, 26 лет, аспирант, по совместительству младший научный сотрудник ФГБУН Геологического института РАН на основе трудового договора;

Зеленин Егор Александрович, 26 лет, научный сотрудник ФГБУН Геологического института РАН на основе трудового договора;

Шалаева Евгения Александровна, 32 года, научный сотрудник ФГБУН Геологического института РАН на основе трудового договора.

Научный коллектив по результатам проекта в ходе его реализации предполагает опубликовать в рецензируемых российских и зарубежных научных изданиях не менее 8 публикаций,

из них:

8 в изданиях, индексируемых в базах данных «Сеть науки» (Web of Science) или «Скопус» (Scopus);
8 в изданиях, учитываемых РИНЦ,
0 монографий.

Число публикаций членов научного коллектива, опубликованных в период с 1 января 2012 года до даты подачи заявки,

50, из них:

20 – опубликованы в изданиях, индексируемых в Web of Science или в Scopus.

Планируемое участие научного коллектива в международных коллаборациях (проектах)

Программа долгосрочного экономического сотрудничества Российской Федерации и Республики Армения на период до 2020 г.: сотрудничество с Институтом геологических наук НАН Республики Армения; тема 18: Изучение мезо-кайнозойской геологии, неотектоники и сейсмотектоники Армении.

Сотрудничество с Международным институтом сейсмологии и сейсмостойкого строительства, г. Тегеран (International Institute of seismology and earthquake engineering, Tehran) в рамках российско-иранского гранта РФФИ.

Участие в работе Секции по европейской четвертичной стратиграфии Международного союза четвертичных исследований (Section on European Quaternary Stratigraphy SEQS of the International Union for Quaternary Research INQUA)

Заявка. Форма 4. Содержание проекта

Научная проблема, на решение которой направлен проект

Активная тектоника новейших подвижных поясов Северной Евразии

на английском языке

Active tectonics of recent mobile belts of Northern Eurasia

Актуальность проблемы для данной отрасли знаний, научная значимость решения проблемы

Понимание природы и закономерностей плиоцен-четвертичного тектогенеза невозможно без изучения движений, выразившихся в появлении и развитии подвижных поясов – структурных единиц первого порядка. Плиоцен-четвертичное время представляет специфическую стадию тектонического развития этих поясов, в течение которой, по сравнению с более ранними стадиями их развития, во-первых, возрастает роль перемещений по разломам, особенно сдвигового типа, и, во-вторых, усиливаются вертикальные движения, что привело к образованию современных горных систем. Существование таких поясов, обладающих цельностью и непрерывностью, позволяет предполагать возможность некоторого общего движения разделяемых каждым конкретным поясом пространств. Ответы на вопросы и том, есть ли такие движения, а если есть, то как они распределяются в пределах поясов и каковы их параметры и причины, составляют основную цель предлагаемого проекта. Ее достижение позволит сделать заключения по трем аспектам проблемы: (1) параметры движений в поясах, (2) структура и возможные трансформации движений в области сочленения внутриконтинентальных поясов (Алтайско-Станового, Момского-Черского) с периокеаническим Тихоокеанским поясом, (3) причины и механизмы горообразования в поясах. В плейттектонике подвижные пояса континентов выступают как диффузные границы плит и, в этом смысле, значимость решения проблемы состоит в заключении о рамках применимости плейттектонических моделей к описанию новейшего тектогенеза во внутриконтинентальных областях, а также о применимости моделей малых литосферных плит (Амурской, Охотской, Берингоморской) к описанию структуры Притихоокеанского пояса и его сочленений с внутриконтинентальными поясами. Максимально полная и достоверная картина распространения активных структур разных кинематических типов позволит обоснованно подходить также к решению задач смежных научных и практических областей знаний – интерпретации данных спутниковой геодезии, оценке сейсмической опасности, определению мест, в которых природных катастрофы наиболее вероятны.

на английском языке

The understanding of the Pliocene-Quaternary tectogenesis can not be possible without studying movements that led to formation and development of mobile belts, which are first-order structural units. Pliocene-Quaternary epoch is a specific period of the mobile belts evolution, with (1) growing role of fault

movements, especially along strike-slip faults, and (2) faster vertical movements resulting in development of all the modern mountainous systems.

A belt itself, single and continuous, suggests some overall relative movements of the domains it separates. The answers to questions whether these overall movements do take place, and what may be the parameters of these movements, represent the principal goal of the Project. In all three main aspects of the problem are to be addressed. First, these are the parameters of movements along the belts. Second, this is recognition of how the intracontinental belts join with the peri-oceanic belt, both structurally and kinematically. The third is why intracontinental belts are mountainous, and what mechanisms and sources are responsible for mounting building. Plate tectonics interprets mobile belts of continents as diffuse plate boundaries, so the answers we seek by the Project may shed light also on to what degree plate tectonic models may account for Pliocene-Quaternary evolution of the intracontinental belts, and the models of the minor Amur plate, the Okhotsk plate and the Bering plate may do this for the Circum-Pacific belt and its junctions with the belts coming to it from continental areas. The comprehensive understanding of active structures distribution and kinematics will provide a ground for a certain progress in related fields of knowledge such as interpretation of space geodesy measurements, seismic hazard assessment, and identification of natural disasters-prone areas.

Конкретная задача в рамках проблемы, на решение которой направлен проект, ее масштаб

Конкретная задача, от решения которой зависит выполнение проекта, состоит в выявлении и картировании активных в позднем плейстоцене и голоцене и плиоцен-четвертичных тектонических структур, последующем выделении их кинематически и динамически связанных сочетаний (парагенезов) и, затем, восстановлении параметров движений в каждом из поясов. При этом необходимо добиться площадного равномерного покрытия однородными данными всех подвижных поясов. Решение задачи требует: (1) разработки и усовершенствования главных методик изучения двух типов проявления активной тектоники – активных разломов и тектонических поднятий подвижных областей, приводящих к современному горообразованию; (2) получения новых данных о таких проявлениях в узловых регионах; (3) обобщения данных об активной и плиоцен-четвертичной тектонике подвижных поясов, восстановления параметров движений в них и, на этой основе, создания геодинамической модели подвижных поясов Северной Евразии.

на английском языке

Principal for the Project fulfillment is the task that relates to recognition and mapping of tectonic structures (faults and folds) which remained active throughout the Pliocene-Quaternary time, and the following identification of their kinematically linked structural combinations, which may be suggestive of single (general) movements along the mobile belts. The task implies (1) updating of the methods of study of active faults, active folds and tectonic mountain-building tectonics uplifts, (2) acquisition of new data for key regions, and (3) bringing of all these data together and, based on this, elaboration of the kinematic model of the Northern Eurasia mobile belts.

Научная новизна поставленной задачи, обоснование достижимости решения поставленной задачи и возможности получения запланированных результатов

Научная новизна поставленной задачи состоит в нацеленности на выявление реального структурного облика и выражения подвижных поясов – диффузных границ плит – через картирование и определение параметров активных и плиоцен-четвертичных структур. Решение такой задачи позволит выявить общее движение в каждом из поясов, которому подчиняются распределение и кинематика частных структур, и структурные и кинематические соотношения разных поясов, особенно – внутриконтинентальных с периокеаническим. Активные тектонические структуры относительно легко (по сравнению со структурами геологического прошлого, ныне не активными) выявляются и картируются. Это связано, прежде всего, с выраженностью активных структур в формах рельефа разного возраста и генезиса (деформированностью форм рельефа), что позволяет использовать такой мощный и результативный инструмент исследования, как дешифрирование данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). Параметры современных данных ДЗЗ (спектральные характеристики, пространственное разрешение) позволяют не только обнаруживать и картировать активные тектонические структуры, но и в большом количестве случаев с высокой степенью достоверности определять их морфологию и кинематику. Использование ДЗЗ обеспечивает непрерывное площадное покрытие получаемыми данными изучаемых подвижных поясов, а также выбор в их пределах узловых участков, где необходимо и возможно наземное изучение выявленных структур комплексом геолого-геоморфологических методов. Это означает реальность получения достаточного для тектонических обобщений массива данных и, соответственно, достижения запланированных результатов.

Научная новизна состоит также в разнообразии применяемых методов получения и интерпретации данных наземных исследований, редко привлекаемых другими исследователями в столь полном объеме.

Все полученные сведения об активных разломах будут сведены в новую базу данных об активных разломах Северной Евразии. Помимо данных о собственно активных структурах и движениях, новая база будет включать все имеющиеся сведения о плиоцен-четвертичной активности разломов. Новая дополненная и уточнённая база данных впервые будет охватывать всю Северную Евразию с одинаковой детальностью. Соответственно, геодинамическая интерпретация данных об активных разломах будет выполняться как для отдельных зон и поясов, так и для Северной Евразии в целом.

Новизна поставленной задачи заключается также в том, что закономерности активной разломной тектоники будут рассматриваться в комплексе с геодинамической интерпретацией современного горообразования. В публикациях участников проекта показано, что тектонические поднятия, приведшие к современному горообразованию в Евразии, как и межгорные впадины, могут быть обусловлены не только коллизийным сжатием при взаимодействии литосферных плит, но также перемещением и преобразованием вещества на уровне низов коры и верхней мантии. Возможность получения запланированных результатов обеспечивается также большим заделом в этой области знаний, имеющимся у исполнителей проекта (подробнее см. 4.5 и 4.8).

на английском языке

The scientific novelty of the Projects task is in its focusing at recognition of real structural appearance and expression of mobile belts, which are diffuse plate boundaries, by mapping and studying active and Pliocene-Quaternary tectonic structures. When done, this will enable recognizing some general single movement relative each of the belts, which may govern distribution and kinematics of all the individual structures. Then it will enable understanding of how, in terms of structures and movements, the intracontinental belts join and interact with the pre-oceanic belt. If compared with movements and structures of the geologic past, active tectonics structures are relatively easy to recognize, identify and map, basically because they offset and deform young landforms and thus manifest themselves in topography. This explains why remote sensing data has become such a powerful tool in the field of active tectonics study. Spectral characteristics and special resolution of satellite images make it possible not only to identify and trace active structures, but in most cases to determine their type and sense of movements. Remote sensing data provide continuous aerial coverage of mobile belts with pertinent data, as well as recognition of key regions where ground geologic and geomorphological study of active structures are possible and necessary. It means that amount of the data needed for generalizations will be obtained, and the results of the Project achieved.

The scientific novelty lays also in variety of methods of ground observations and interpretation of their results.

All the active tectonics data will be integrated in a new data base, which will bring in one set both the data on Late Pleistocene – Holocene and Pliocene-Quaternary manifestations of faults activity. The new data base, thus updated, will for the first time cover the entire Eurasia with equal resolution. Consequently, interpretation of active fault data will apply not to just separate zones and regions, but to the Northern Eurasia as a whole.

The novelty of the task is also in that active faulting will be analyzed and considered together with and under the light of possible mechanisms of recent mountain building. As the project participants earlier supposed, upper mantle transformation and movement might likely add to collisional shortening to produce modern mountainous edifices and their systems.

All the Project participants have sufficient skill and groundwork for successful execution of formulated plans.

Современное состояние исследований по данной проблеме, основные направления исследований в мировой науке

Современное состояние исследований по проблеме рассмотрим по их трем аспектам.

1) Методика изучения активных разломов к настоящему времени хорошо разработана. Исследования в этой области начались еще в шестидесятих-семидесятих годах прошлого века (Wallace, 1968; Sieh, 1978; Allen, 1975; Копп, Расцветаев, Трифонов, 1964). Полному становлению методов изучения активных разломов значительно способствовал Международный проект II-2 «Карта крупных активных разломов Мира» Международной комиссии по литосфере (Trifonov, Machette, 1993). Со-председателем рабочей группы, ответственной за работы в восточном полушарии, был руководитель предлагаемого Проекта В.Г. Трифонов, ответственным исполнителями – его участники. Были разработаны способы формализации получаемых данных о параметрах активных разломов и их интеграции в единую, основанную на геoinформационных системах, базу данных. Такому повышенному вниманию к активным разломам способствовали два обстоятельства: во-первых, то, что активные разломы – надежные индикаторы и показатели тектонического режима развития той или иной территории (Трифонов, 1983, 1999; Трифонов и др., 2002; Kozhurin, 2004; Кожурин, 2013), во-вторых, то, что они представляют главные сейсмогенерирующие структуры. Когда краткосрочный и среднесрочный прогноз времени и силы

землетрясений невозможны, прогноз мест будущих землетрясений (линии активных разломов) оказывается очень важным достижением (Shebalin et al., 2000; Трифонов, Кожурин, 2010; Трифонов, 2013; Трифонов, Караханян, 2004, 2008; Trifonov, 2000, 2010). Напомним, что существующие до проекта первичная база данных активных разломов Северной Евразии (Trifonov, 1996, 1997) и ее уточненный вариант для территории РФ стали сейсмотектонической основой для Карт общего сейсмического районирования ОСР-97 (Комплект карт..., 2000) и ОСР-2012-2016 (Общее сейсмическое районирование..., 2016).

При достаточной разработанности методик изучения активных разломов, сложным, ответственным и всегда индивидуальным остается этап собственно их обнаружения и картирования. Наиболее эффективным и практическим является для этого дешифрирование разнообразных изображений и моделей земной поверхности, прежде всего – космических изображений и аэрофотоснимков, а также цифровых моделей рельефа. В этой области авторы Проекта обладают большим опытом, который был востребован, в частности, при работах над вышеупомянутыми картами ОСР-97 и ОСР-2012-2016.

2) Значимым этапом в развитии плейттектонической теории стало появление в конце 90-х годов прошлого века представления о внутриконтинентальных границах плит как очень широких зонах деформаций – диффузных границах плит (Gordon, 1998). По сути, такие диффузные границы подвижные пояса и представляют. Это дает возможность сформулировать вопрос о том, насколько распределение и кинематика активных разломов в подвижных поясах, а также образуемые ими структурные рисунки могут быть описаны единым движением разделяемых каждым поясом пространств, и насколько результирующее движение соответствует предсказываемому кинематическими моделями тектоники плит. Производная от этого вопроса – структура сочленений подвижных поясов, особенно – внутриконтинентальных с периокеаническим (см. Приложение 1). Насколько нам известно, подобные вопросы, так сформулированные, зарубежными исследователями пока не ставились.

3) Основная черта новейших подвижных поясов, по которой они и распознаются – их выраженность горными системами. Вопрос механизмов и причин интенсивных олигоцен-четвертичных вертикальных движений в мировой литературе практически не затрагивается: общепринятым остается представление о вертикальных движениях лишь как о производной коллизионного сокращения земной коры в подвижных поясах. Также усиление поднятий в плиоцен-квартере (Милановский, 1968; Крестников и др., 1979; Чедия, 1986) либо игнорируется, либо объясняется усилением сжатия. Показано, однако, что коллизионное сжатие – не единственная возможная причина усиления поднятий в плиоцен-квартере (Трифонов и др., 2008, 2012,1,2). Е.В. Артюшков (1993, 2003) связал поднятие гор с разуплотнением мантии из-за замещения литосферной мантии астеносферным веществом. Позднее как источник поднятий стало рассматриваться также разуплотнение низов коры и верхов мантии из-за их преобразования под воздействием астеносферных флюидов (Трифонов и др., 2008, 2012,1,2; Артюшков, 2012). Высказано предположение о том, что движение литосферных плит и глубинные преобразования, вызвавшие поднятия горных систем, могут быть обусловлены течением верхнемантийного вещества в рамках мантийной конвекции (Трифонов, Соколов, 2015). Продвижение в решении вопроса источников вертикальных движения и вариаций их скорости является одной из целей, преследуемых настоящим Проектом.

на английском языке

1) At present, methods of active fault study are well-developed. Works in this field of tectonics started in 60-th and 70-th of the previous century by Wallace (1968), Sieh (1978; Allen (1975), Kopp, Rastsvetaev and Trifonov (1964) and others. A big step forward was made in the course of the International II-2 Project "Major active faults of the World" of the Lithosphere International Committee (1989-1992). Co-chairman of that International Project was V. Trifonov (in charge for works in Eastern Hemisphere), and its Russian executors in charge were participant of the proposed Project. Ways of formalization of incoming data and procedures of their integration into a single GIS data base were then elaborated. There were two main reasons for heightened attention to active faulting. First, active faults has been recognized to be reliable indicators of tectonic regime of deformation a territory is subjected to (Trifonov, 1983, 1999; Trifonov et al., 2002; Kozhurin, 2004, 2013). Second, they were defined as most probable locations of future strong earthquakes. When short- and medium-term time-magnitude prediction proved to be nowadays unlikely, prediction of where future earthquakes may struck has become an important advance (Shebalin et al., 2000; Trifonov, Kozhurin, 2010; Trifonov, 2010, 2013; Trifonov, Karakhanian, 2004, 2008). It is worth noting that the active fault data base that existed well in advance to the proposed Project (Trifonov, 1996, 1997), as well its revised and updated version covering the Russian Federation territory laid the basis for the above mentioned OSR-97 (Collection of the maps..., 2000) and OSR-2012-2016 (Obshchee sesimicheskoe..., 2016) Maps of seismic zoning of Russia.

2) A significant step in plate tectonics evolution made in late 90-th of the past century was recognition that intracontinental plate boundaries are not just lines but instead wide zones of distributed deformations –

diffuse plate boundaries (Gordon, 1998), which, in fact, are what we define as mobile belts. The questions emanated then of how far the active faults distribution and kinematics, as well as their structural compositions can be accounted for by a single movement of the two plates in respect to their common boundary (mobile belt), and how far this relative movement thus found may conform to a plates kinematic model. A derivative question relates to structure of two belts junction, especially of intracontinental belts (Altay-Stanovoy, Momsky-Chersky) with the peri-oceanic Circum-Pacific belt (see Fig.). As far as we know the questions similar to the formulated above have not been raised yet by foreign scholars.

3) The first order feature of mobile belts which enable us recognizing them even by first glance at the Earth's globe is mountainous topography, but the nature of vertical movement that formed the Oligocene-Quaternary are rarely explored: as commonly accepted remains the idea of vertical movements to be a just a component of collisional shortening. Pliocene acceleration of vertical movements (Milanovsky, 1968; Krestnikov et al., 1979; Chedia, 1986) is largely ignored, or is explained by acceleration of collision. However, it has been suggested recently, that collisional shortening may be not the only probable source of Pliocene-Quaternary acceleration of uplifts (Trifonov et al., 2008, 2012,2). It may be decrease of mantle density due to either replacement of lithospheric mantle with asthenosphere (Artyushkov, 1993, 2003) or effect of asthenospheric fluids (Trifonov et al., 2008, 2012,2; Artyushkov, 2012). The plate motion itself, and transformation of upper mantle may both be consequences of upper mantle flow due to mantle convection (Trifonov, Sokolov, 2015). Advance in understanding what initiates vertical movements in mobile belts and variation in their rates represents one of the goals the proposed Project pursues.

Основные мировые научные конкуренты

В настоящее время вопросы внутриконтинентальных (внутриплитных) деформаций и согласованности движений плит разного размера решаются в мировой практике главным образом методами космической геодезии и сейсмологии. В этом смысле основными мировыми конкурентами являются страны, в которых на развитие методов измерений современных движений земной коры и наблюдения этими методами расходуются значительные суммы и количество соответствующих высококлассных специалистов велико (США, Япония, Европейские страны, Китай, Австралия). Результатами таких работ являются, как правило, модели согласованных движений плит, основанные на измерениях GPS, сейсмологических данных, результатах физического и численного моделирования.

Современные тектонические и геологические модели относятся, как правило, к разряду региональных (например, работы Redfield et al., 2007 по Аляске, Новикова И.С. и Рогожина Е.А. по Алтаю, Шермана С.И., Санькова В.А., Луниной О.В. по Байкальской зоне, Имаева В.С. и др. по системе Момского-Черского хребтов, Е.А. Рогожина по Предкавказью и т.д.). Наиболее серьезные работы по изучению, параметризации и оценке сейсмического потенциала активных разломов проводятся в США, Китае и Японии. Обобщения по амплитудам плиоцен-четвертичных вертикальных поднятий, приведших к горообразованию, содержатся только в публикации Оллиера (Ollier, 2006). Все зарубежные разработки причин и механизмов активной тектоники не выходят за рамки плит-тектонических представлений, и в этом смысле упомянутая в 4.5 концепция участников данного проекта не имеет зарубежных аналогов.

Предлагаемые методы и подходы, общий план работы на весь срок выполнения проекта и ожидаемые результаты

Предметами исследования являются два типа геологического проявления активной тектоники подвижных поясов: (1) активные разломы, (2) вертикальные движения, приведшие к плиоцен-четвертичному горообразованию. Поскольку геологические события происходят неравномерно, и их последствия сказываются по прошествии того или иного, иногда длительного времени, параметры каждого из видов активной тектоники не могут быть определены на основе только современных оценок, сделанных по результатам повторных геодезических наблюдений или анализа инструментальных материалов сейсмичности. Они требуют знаний о более длительном интервале времени развития структуры, которые могут быть получены только геологическими методами. Для активных разломов подвижных поясов таким интервалом времени является голоцен и конец плейстоцена (последние ~30 тыс. лет), хотя определение особенностей развития активных разломов требует изучения их поведение за более длительные отрезки времени, а для горообразовательных движений – плиоцен-четвертичная эпоха (последние ~5 млн. лет). В связи с различиями изучаемого интервала времени и, соответственно, сохранности следов тектонических событий, каждый из типов проявлений активной тектоники требует особого методического аппарата исследований. Вместе с тем, исследования по каждому типу включают в себя разработку или совершенствование методики, получение новых данных в узловых исследуемых регионах и обобщение полученных данных. В каждом из узловых регионов будет выполнено дешифрирование космических изображений (а для изучения активных разломов местами также аэрофотоснимков), наземные полевые работы на выбранных участках, обработка полученных материалов и экстраполяция результатов с привлечением дистанционных изображений и моделей

рельефа. Рассмотрим методы, план и ожидаемые результаты работ по каждому типу проявлений активной тектоники.

(1) Методика изучения активных разломов описана в многочисленных публикациях, отчасти указанных в 4.5. Дополнительной разработки потребуют идентификация следов палеоземлетрясений и датирование сейсмических и иных тектонических событий в зонах активных разломов с привлечением методов радиоизотопных (радиоуглеродного и других), палеонтологических (включая спорово-пыльцевой), тефрохронологического, археологического и исторического (определение параметров землетрясений и других природных событий по историческим свидетельствам). Эти методические разработки будут осуществляться в узловых регионах, важных для понимания природы активного разломообразования и кинематики подвижных поясов (Камчатка, Сахалин, Крым, Северо-Западный Кавказ, Армения и Восточная Турция).

Важное место в исследовании активных разломов займёт создание уточненной и дополненной Базы данных об активных разломах Северной Евразии. Целью работ является создание динамично развиваемой (то есть, пополняемой и уточняемой по мере появления новых материалов) и единообразной системы хранения, анализа и представления данных. Для этого будут использованы современные ГИС-программы. Новая база данных будет включать в себя сведения о положении разломов, типе и величинах (и/или скоростях) позднекайнозойских движений по ним, землетрясениях в их зонах, источниках информации и др. Работа включает в себя следующие блоки-задания:

1) Существенное повышение детальности представления объектов в базе данных. Для этого при картировании структурных объектов будут использоваться космические снимки (в стереоскопическом представлении) с разрешением в первые метры, а также цифровые модели рельефа с разрешением порядка 30 м на пиксель.

2) Уточнение параметров (атрибутов) объектов базы данных в соответствии с новыми материалами. С этой же целью будут учтены новые публикации и на узловых участках подвижных поясов проведены полевые исследования.

Намечен следующий график работ:

2017 г. – приобретение космических снимков, дешифрирование космических изображений и аэрофотоснимков на узловые участки Малого Кавказа, Крыма, Восточной Турции, Алтая, Саян, Байкало-Становой зоны и Северо-Востока Азии, экспедиционные работы в некоторых из перечисленных районов, а именно, в Крыму, Северной Армении и на Камчатке; подготовка статей, где будут представлены новые данные по разломной тектонике северных и северо-западных обрамлений Тихого океана, Северо-Западного Кавказа, Северной Армении и Восточной Турции.

2018 г. – завершение создания новой Базы данных с учетом полученных при дешифрировании данных; продолжение экспедиционных работ; подготовка статей об активной тектонике Керченско-Таманской области, о современной геодинамике северных и северо-западных обрамлений Тихого океана по данным об активных разломах.

2019 г. – подготовка публикаций в рецензируемых научных изданиях, включающих в себя описание методов выявления, параметризации и оценки сейсмического потенциала активных разломов, базы данных и карт активных разломов Северной Евразии, результатов их кинематического, геодинамического и сейсмотектонического анализа, а также создание интернет-ресурса о базе данных об активных разломах Северной Евразии.

(2) В исследовании плиоцен-четвертичных вертикальных движений, приводящих к образованию современного горного рельефа, первоочередным станет получение количественных характеристик восходящих движений в подвижных поясах, выявление их стадийности и связи с элементами новейшей структуры. Работы будут проводиться преимущественно в Альпийско-Гималайском коллизионном поясе и будут организованы таким образом, чтобы с учётом исследований, выполненных исполнителями проекта ранее, обеспечить данными, во-первых, полное сечение пояса в Аравийско-Кавказском регионе и, во-вторых, возможность сопоставления структур северного фланга пояса в разных сечениях, чтобы понять структурные изменения вдоль пояса и их причины. Среди проявлений вертикальных движений, ответственных за развитие горных поднятий, межгорных и предгорных впадин современных коллизионных поясов, различаются структуры, обнаруживающие связи с коллизионным взаимодействием плит и блоков литосферы, и структурные проявления, не обнаруживающие такой связи.

К первым относятся проявления надвигания пограничных структур коллизионных поясов на соседние плиты (или пододвигания плит под краевые структуры пояса) с формированием предгорных прогибов; развития присдвиговых структур и сопряжённых антиклиналей и синклиналей, выраженных в рельефе и осадконакоплении горными поднятиями и межгорными впадинами. Проявления надвигания краевых структур на соседнюю плиту будут исследованы в зоне Южно-Таврского надвига в Восточной Турции, а развитие присдвиговых структур – в Восточной Турции и Северной Армении. Начальные стадии развития молодых складчатых структур и их соотношения с разломами предполагается изучить в Сочинском районе Северо-

Западного Кавказа и Керченско-Таманской области. Более полное развитие складчато-разломных форм вплоть до их зрелых стадий будет проанализировано на примерах Центрального Тянь-Шаня и Зайсанской впадины между горными системами Тянь-Шаня и Алтая.

Среди неотектонических проявлений, не обнаруживающих прямой связи с коллизионным взаимодействием плит и блоков литосферы, главным предметом исследований станет определение параметров ускорения вертикальных движений в плиоцен-четвертичное время по сравнению с более ранними стадиями новейшего этапа. Будут исследованы также межгорные впадины типа Ширакской в Северо-Западной Армении, не обнаруживающей связи с коллизионным взаимодействием плит, но связанной с глубинными преобразованиями, выраженными вулканизмом. Для этого будут выполнены полевые работы в Крыму, на Большом Кавказе и в Армении, обработаны результаты ранее выполненных полевых исследований в Восточной Турции, Армении. Возможно проведение дополнительных полевых изысканий в Восточной Турции и Тянь-Шане, если обработка полученных материалов покажет их недостаточность для определения параметров строения, развития и происхождения изучаемых структур.

Основная сложность определения происхождения плиоцен-четвертичных структур заключается в их полигенности. Например, развитие обусловленных поперечным сжатием складчатых деформаций горного пояса чётко выражается геологическими и геоморфологическими индикаторами вертикальных движений в сопряжённых антиклиналях-поднятиях и синклиналях-прогибах. Однако наложенное на такие дифференцированные движения общее усиление восходящих движений в плиоцен-четвертичное время, обусловленное глубинными преобразованиями, также имеет разную интенсивность в горных поднятиях и прогибах и проявляется с разной интенсивностью в разных частях подвижного пояса. Разделить проявления источников деформаций разного типа и понять причины выявляемых различий – важная задача проекта.

В исследовании плиоцен-четвертичных складчатых, блоковых и сводовых деформаций будет использован комплекс методов: выделение, картирование и сопоставление речных и морских террас и поверхностей выравнивания, измерение их деформаций, структурно-геологическое и тектонофизическое определение механизмов складкообразования и соотношений складок с активными разломами, датирование проявлений вертикальных движений разного возраста методами радиоизотопными (K-Ar, SIMS U-Pb, U-Th, 14C), палеомагнитным, тефрохронологическим, палеонтологическими, включая споро-пыльцевой анализ, археологическим. Для восстановления истории поднятий и прогибов предполагается также использовать палеогеографические реконструкции, основанные на анализе состава отложений, палеонтологических и палинологических индикаторов.

Намечен следующий график работ:

2017 г. – полевое изучение четвертичной тектоники Керченско-Таманской области и её соотношений с Горным Крымом и Северо-Западным Кавказом, а также Северной Армении и Камчатки; аналитическая обработка полученных данных; подготовка к печати статей в рецензируемых журналах по четвертичной стратиграфии, тектонике и истории тектонического поднятия Восточной Турции, по четвертичному развитию впадин Северо-Западной Армении и по четвертичному складкообразованию на Северо-Западном Кавказе.

2018 г. – продолжение полевых работ в Керченско-Таманской области и её структурных обрамлениях, а также, возможно, в Восточной Турции, Тянь-Шане и Зайсанской впадине; аналитическая обработка полученных данных; подготовка к печати статей в рецензируемых журналах по четвертичной геологии Керченско-Таманской области, неотектонической истории Зайсанской впадины и соотношениям плиоцен-четвертичной тектоники и вулканизма в Северной Армении.

2019 г. – завершение работ по изучению плиоцен-четвертичных проявлений горообразования в узловых регионах; подготовка публикаций в рецензируемых журналах: о соотношении неотектонических событий в Центральном Тянь-Шане, Зайсанской впадине и Горном Алтае; о структурных ограничениях Керченско-Таманской зоны; о происхождении межгорных впадин Северной Армении; об общих закономерностях плиоцен-четвертичного усиления горообразования в подвижных поясах Северной Евразии.

на английском языке

Objects of the research project are three main geologic manifestations of active tectonics in mobile belts. They are: (1) active faults, (2) Pliocene-Quaternary mountain building. As geologic events are irregular, and their consequences may manifest themselves after some long time, characteristics of each of them cannot be revealed based by repeated geodetic measurements or instrumental seismicity. Only much longer time span may fully characterize them, and this can be only achieved using geologic methods. For active faults, this time should involve Holocene and the very end of Pleistocene time (last ~ 30 Ka), although recognition of active fault development requires studies of longer time interval. Mountain building may reveal its long-term characteristics if all the Pliocene-Quaternary time (last ~ 5 Ma) is studied.

Because of different time interval and, correspondingly, preservation of geological objects, each of the active tectonics consequences thus needs a special methodology to be studied. At the same time, studies on each type of active tectonic manifestations include enhancement of methods, acquiring more data in active tectonics of some key regions, and synthesis of what we know and will know about active tectonics of mobile belts in Eurasia. In each key regions interpretation of space images (as well as air photos for active fault studies), field observations in the selected areas, analytic processing of the obtained data, and extrapolation of the results with using remote sensing materials and digital topographic models. Methods, plan and expected results of the each type of active tectonic manifestations are described below.

(1) The methods of active fault studies are described in numerous publications that are partly cited in 4.5. We plan additional studies for identification of paleoseismic events caused by movements on active faults, and evaluation of their seismic potential (Mmax) and recurrence intervals as well as the optimum combination of methods of dating of seismic and other tectonic events in active fault zones with using of radio-isotopic (radio-carbon and other), paleontological (including pollen analysis), tephra-chronological, archaeological, and historical (using chronicles for parameterization of earthquakes and other natural events) methods. These methodical researches will be carried out in the key regions that are important for interpretation of active faulting and kinematics of mobile belts: Kamchatka, Sakhalin, the NW Caucasus, Crimea, Armenia, and Eastern Turkey.

Also important is further development of the GIS-based database of active faults in Eurasia for collecting, analysis, and presentation of the data. The new data base will include the data on location, sense and magnitudes and/or rates of recent motion, earthquakes in the fault zones, sources of information on active faults. The studies will include the following:

- 1) To achieve higher resolution of active faults location based on the use of satellite images (in stereoscopic regime) with resolution of first meters, as well as of DEMs with resolution of ~30 m/pixel.
- 2) More detailed definition of the parameters (attributes) of the data base entries in accordance with newly obtained field data and recently published data. The same will To make data base more precise in terms of active fault attributes according to the new data. Lack or shortage of data on key segments of mobile belts will necessitate additional field studies.

The work schedule includes:

2017 – purchasing satellite images; interpretation of satellite images of Greater and Lesser Caucasus, Crimea, Eastern Turkey, Altay, Sayans, Baikal-Stanovoy region and NE Asia; field works in some of the regions mentioned above, namely, the NW Caucasus, Crimea, Armenia, Eastern Turkey (the Euphrates River basin), and Kamchatka; preparation of manuscripts on active faulting in NW surroundings of the Pacific ocean, the NW of the Caucasus, Northern Armenia and East Turkey.

2018 – updating the data base by integrating the data obtained by interpretation of satellite images; field works in the regions mentioned above; preparation of manuscripts on active tectonics of the Kerch-Taman zone, and on recent geodynamics of the northern and north-western surrounding of the Pacific.

2019 – Preparation of manuscripts describing methods of identification, parameterization and estimation of seismic potential of active faults, the data base and maps of active faults in Northern Eurasia, and results of kinematic, seismotectonic and geodynamic analysis of active faulting parameters; compilation of the Internet resource on the data base of active faults.

(2) The Pliocene-Quaternary vertical movements study.

Of main importance will be estimation of the rates of vertical movements, their relation to neotectonic structural features, and recognition of stages of uplifts. This will be done mainly in the Alpine-Himalayan belt. The first task is to reveal structural composition of the belt along its entire Arabia-Caucasus cross-section. The second task is to gain data for revealing along-belt structural variations in the northern flank of the belt and their mechanisms. We expect to distinguish between vertical movements and structural forms that may be linked to collisional plates and blocks interactions, and those that exhibit no such links. The first of them are thrusting of border structures of the belt onto the neighboring plates (or underthrusting of the latter) accompanied with origination of foreland troughs, uplifting and subsiding domains in strike-slip environments. Thrusting will be studied in the South Taurus zone in East Turkey, and structures related to strike-slip movements will be studied in East Turkey and Northern Armenia. Initial stages of folding will be examined in the Sochi area of the CW Caucasus and the Kerch-Taman region. Mature stages of folding will be studied and exemplified by the data on Central Tien Shan and the Zaysan depression, which divides the Tien Shan Mountains and Altay.

Neotectonic manifestations that might not be related to plate collision is first of all the Pliocene-Quaternary vertical movements acceleration itself. Here we are going to obtain numerical characteristics of this acceleration compared to earlier stage of neotectonic epoch. To do this, we plan to investigate intermountain depressions of the type of the Shirak depression in West Armenia, whose shape and location seem to suggest relation to deep volcanism-producing processes. Field works aiming at this task will be carried out in Crimea, the Greater Caucasus and Armenia, and the results will be combined and mutually analyzed together with field data in East Turkey, Armenia, NW Caucasus, Central Tien Shan

and the Zaysan depression conducted earlier. Additional data is needed will be obtained in East Turkey and Tien Shan.

The complications in studying the Pliocene-Quaternary structures come from the fact that they are polygenetic. So, folding that is caused by the transverse shortening of the belt clearly reveals itself in geomorphology and sedimentation, while superimposed general uplift, its amplitudes varying, effects much wider areas than pairs of interconnected anticlines and synclines occupy. Distinguishing between different sources of tectonic deformations poses an important task of the Project.

Several methods will be applied for studying the Pliocene-Quaternary folds, blocks and dome deformations. These are mapping and dating of fluvial and marine terraces and planation surfaces; determination of their geometric parameters; structural, geological and tectonophysical determination of stresses; radioisotopic (K-Ar, SIMS U-Pb, U-Th, ¹⁴C), paleomagnetic, paleontologic (including spore and pollen analysis), tephrochronologic and archaeologic dating; paleogeographic reconstructions.

The work schedule includes:

2017 – Field study of Quaternary tectonics of the Kerch-Taman region and its relationships with the Mountainous Crimea and NW Caucasus; field works in Northern Armenia and Kamchatka; field data treatment; preparation of manuscripts on Pliocene-Quaternary tectonic development of Eastern Turkey (Euphrates Valley), Quaternary depressions of NW Armenia, and Quaternary folding in NW Caucasus.

2018 – Field works in the Kerch-Taman region and its structural surrounding, field data treatment and preparation of manuscripts on the Kerch-Taman area, the Zaysan depression, and Pliocene-Quaternary tectonics and volcanism of Northern Armenia.

2019 – Finishing works on Pliocene-Quaternary mountain building in key regions; papers on interrelated neotectonic evolution in Central Tien Shan, the Zaysan depression and Altay, on structural bounds of the Kerch-Taman area, on origination of intermountain depressions in Northern Armenia, and about general regularities in the Pliocene-Quaternary uplift in mobile belts of Northern Eurasia.

Имеющийся у научного коллектива научный задел по проекту

В течение нескольких десятилетий группа исполнителей данного проекта из ГИН РАН осуществляет исследования активных разломов и плиоцен-четвертичной тектоники на фоне изучения всего новейшего (олигоцен-четвертичного) этапа развития Земли (см. раздел 4.5 заявки). В ходе этих исследований получены следующие важнейшие результаты:

- (1) Разработаны принципы и методы изучения активных разломов и по мере совершенствования эта методика поддерживается на уровне мировых достижений (Трифонов, 1983, 1985; Кожурин, 1988, 2013; Трифонов и др., 2002; Trifonov, Machette, 1993; Trifonov, 1996, 1997, 2000; Shebalin et al., 2000; Bachmanov et al., 2004; Kozhurin, 2004; Kozhurin et al., 2006; Трифонов, Кожурин, 2010).
- (2) Разработана предварительная версия базы данных об активных разломах, использованная при создании Комплектов карт общего сейсмического районирования России ОСР-97 (Комплект карт..., 2000; Ulomov et al., 1999) и ОСР-2016 (Общее сейсмическое ..., 2016).
- (3) Выполнены обобщения по позднечетвертичной (по данным об активных разломах) и плиоцен-четвертичной геодинамике подвижных поясов: Альпийско-Гималайского (Трифонов, 1999; Трифонов и др., 2002; Трифонов, Соколов, 2015), северных и северо-западных обрамлений Тихого океана (Кожурин, 2013).
- (4) Обосновано усиление поднятий в плиоцен-квартере в Альпийско-Гималайском коллизионном поясе; разработана предварительная версия модели новейшего горообразования в Альпийско-Гималайском поясе, в которой зарождение поднятий связывается с взаимодействием континентальных плит, перемещающихся на верхнемантийных потоках от Эфиопско-Афарского суперплюма, а усиление поднятий в плиоцен-квартере – с обусловленными особенностями этого течения замещением литосферной мантии астеносферным веществом и метаморфическим преобразованием нижнекоровых масс под воздействием астеносферных флюидов (Трифонов и др., 2008, 2012, 2016; Соколов, Трифонов, 2012; Трифонов, Соколов, 2015; Трифонов, 2016).
- (5) Для обоснования возраста событий плиоцен-квартера и конца плейстоцена – голоцена отработано совместное применение комплекса геолого-геоморфологических, радиоизотопных, палеомагнитного, тephрохронологического, палеонтологических, археологических и исторического методов (Трифонов, Караханян, 2004, 2008; Kozhurin et al., 2006; Trifonov et al., 2011, 2012, 2014, 2016); показана важная роль спорово-пыльцевого анализа в этих исследованиях (Dodonov et al., 2008; Shchelinsky et al., 2010; Zaretskaya et al., 2010; Djamali et al., 2012; Sato et al., 2014).

Перечень оборудования, материалов, информационных и других ресурсов, имеющихся у научного коллектива для выполнения проекта

Исполнители проекта располагают техникой и начальной информацией, необходимыми для начала работ по проекту. В частности, имеются в наличии необходимого качества космические снимки на многие районы северо-востока Азии, включая почти всю Камчатку и Сахалин. Существуют отлаженные научные связи, которые могут обеспечить выполнение необходимых аналитических работ. Так, химико-аналитические работы могут быть выполнены в ГИН РАН,

радиоуглеродные и палеонтологические определения – в ГИН РАН (при отсутствии необходимых специалистов-палеонтологов в ГИН РАН отработана практика обращения к палеонтологам в других организациях); К-Ar определения возраста пород – в ИГЕМ РАН, а палеомагнитные определения – в ИФЗ РАН. Определения возраста техникой SIMS U-Pb выполняются во ВСЕГЕИ, а U-Th методом – на Географическом факультете СПбГУ. Эти услуги сторонних специалистов требуют оплаты.

План работы на первый год выполнения проекта

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

на английском языке

- (1) Interpretation belt satellite images (to be purchased) covering the far NE Asia and the Altai-Stanovoy mobile belt.
- (2) Field works on active and the Pliocene-Quaternary tectonics in Kamchatka, the NW Caucasus, and Crimea.
- (3) Scientific trips to NW Armenia with the aim of field study of the active (Late Quaternary) tectonics, the Pliocene-Quaternary tectonics and stratigraphy.
- (4) Scientific trips to Austria and France for participation (with presentations) in the international meeting corresponding to the project goals.
- (5) Updating and revising active fault data base according to 4.7.
- (6) Analytic processing of field data and materials.
- (7) Processing of the obtained data on the Quaternary stratigraphy and tectonics in Eastern Turkey, the Quaternary tectonics of NW Armenia, the Quaternary folding in the North-Western Caucasus, and active faults in Kamchatka, writing of manuscripts for publication in the reviewed journals.

Планируемое на первый год содержание работы каждого основного исполнителя проекта

Трифонов В.Г. – координация работ по проекту; участие в полевых работах в Керченско-Таманской области; обработка результатов полевых работ и ранее полученных материалов; подготовка к опубликованию статей о плиоцен-четвертичной стратиграфии и тектонике Восточной Турции и четвертичной тектонике СЗ Армении.

Кожурин А.И. – дешифрирование космических снимков на узловые районы СВ Азии и Алтае-Станового подвижного пояса; полевые работы на Камчатке и обработка их результатов; работа над статьями об активной тектонике Сахалина, СВ Азии, Камчатской и Алеутской островных дуг.

Бачманов Д.М. – работы по созданию новой Базы данных об активных разломах в соответствии с п. 4.7 данной заявки.

Симакова А.Н. – участие в полевых работах в Керченско-Таманской области; спорово-пыльцевой анализ образцов, полученных в ходе полевых работ; участие в подготовке к опубликованию статей о плиоцен-четвертичной стратиграфии и тектонике Восточной Турции и СЗ Армении.

Ожидаемые в конце первого года конкретные научные результаты

Кожурин А.И. Результаты дешифрирования космических снимков КН-9 Нехагон на ключевые районы северо-востока Азии и Алтае-Станового подвижного пояса (в виде ГИС-проекта).

Трифонов В.Г., Симакова А.Н., Бачманов Д.М., Трихунков Я.И., Фролов П.Д. и др. – подготовленная к опубликованию статья о четвертичной стратиграфии и тектонике Восточной Турции (предполагаемый журнал – Quaternary International).

Трифонов В.Г., Шалаева Е.А., Симакова А.Н., Фролов П.Д., Трихунков Я.И., Бачманов Д.М., Соколов С.А. и др. – подготовленная к опубликованию статья о четвертичной стратиграфии и тектонике Ширакской впадины в Северо-Западной Армении (предполагаемый журнал – Quaternary International).

Трихунков Я.И., Зеленин Е.А., Шалаева Е.А. и др. – подготовленная к опубликованию статья о проявлениях четвертичного складкообразования на СЗ Кавказе (предполагаемый журнал – Quaternary International).

Трихунков Я.И., Гайдалёнок О.В. и др. – подготовленная к опубликованию статья о четвертичной структурной границе СЗ Кавказа и Керченско-Таманской области.

Кожурин А.И. – подготовленная к опубликованию статья о сдвиговой тектонике Сахалина.

Зеленин Е.А. – подготовленная к опубликованию статья об активной разломной тектонике юга Камчатки.

Бачманов Д.М. при участии Трифонова В.Г. и Кожурина А.И. – база данных об активных разломах России и сопредельных территорий.

на английском языке

Kozhurin A.I. Results of KH-9 Hexagon images interpretation for key regions of NW Asia and the Altay-Stanovoy mobile belt (GIS-format).

Trifonov V.G., Simakova A.N., Bachmanov D.M., Trikhunkov Ya.I., Frolov P.D. et al. – the manuscript of the paper on the Quaternary stratigraphy and tectonics in Eastern Turkey (for Quaternary International?).

Trifonov V.G., Shalaeva E.A., Simakova A.N., Frolov P.D., Trikhunkov Ya.I., Bachmanov D.M. et al. – The manuscript of the paper on the Quaternary tectonics in the Shirak Basin, NW Armenia (for Quaternary International?).

Trikhunkov Ya.I., Zelenin E.A., Shalaeva E.A. et al. – the manuscript of the paper on the Quaternary folding in the North-Western Caucasus (for Quaternary International?).

Trikhunkov Ya.I., Gaydalönok O.V. et al. – the manuscript of the paper on the Quaternary structural boundary between NW Caucasus and Kerch-Taman zone.

Kozhurin A.I., –the manuscript on strike-slip tectonics of Sakhalin.

Zelenin E.A. – the manuscript of the paper on active faulting in South Kamchatka.

Bachmanov D.M. with participation of Trifonov V.G. and Kozhurin A.I. – the data base of active faults of Russian territory.

Подпись руководителя проекта _____/В.Г. Трифонов/