

### **Описание выполненных в отчетном году работ и полученных научных результатов**

Выполнены полевые геологические работы в Турции, Крыму, на Таманском п-ве и юге Тывы. Изучалась тектоника и стратиграфия позднего кайнозоя, собраны фауна и образцы для палинологического и магнито-стратиграфического анализа.

В Турции, на юго-западе Хорасанской (разрез Пекечик) и юго-западе Ширакской (разрез Демиркент) межгорных впадин, получены дополнительные обоснования проникновения в эти районы в конце плиоцена акчагыльской трансгрессии Каспийского моря и последующего опреснения остаточных бассейнов обеих впадин. Главным доказательством трансгрессии стало обнаружение солоновато-водных диноцист акчагыльского типа в указанных разрезах. Современная высота морских акчагыльских отложений доказывает четвертичное поднятие на 1650–1750 м со средней скоростью 0.6–0.7 мм/год [Trifonov, Simakova et al, 2020; Simakova et al., in press]. Тем же способом доказано четвертичное поднятие западной части Кусарского плато на СВ склоне Восточного Кавказа до 2000 м со средней скоростью ~0.8 мм/год [Trikhunkov, Kangarli et al., in press]. В обоих районах четвертичное поднятие происходило с ускорением.

На юге Тывы описаны плиоцен-четвертичные разрезы северного борта впадины Убсу-Нур, собрана фауна, выполнено магнито-стратиграфическое и палинологическое опробование. Выявлено сложное строение зоны Южно-Танну-Олинского активного разлома на границе впадины с хр. Танну-Ола. По разломам зоны установлены взбросовые и правосдвиговые смещения с поднятием северного крыла. Такие же тип и направление движений определены по Эрзин-Агордагскому активному разлому на востоке хр. Танну-Ола путем изучения четвертичных отложений, рельефа и гео-археологическим данным.

Проанализирована мезозойско-кайнозойская тектоническая зональность Черноморско-Кавказско-Каспийского региона [Трифонов, Соколов и др., 2020]. В раннеюрское время севернее сутуры Мезотетиса (Измир–Анкара–Эрзинджан и Севано-Акеринская) развивались подвижная эпигерцинская зона (Восточный Понт и Сомхето-Карабахская); Мезийско-Черноморско-Закавказская малая плита; Крымско-Кавказский прогиб на континентальной коре, утонявшейся по мере развития прогиба; южный край Скифско-Туранской герцинской платформы. В байосе началась субдукция на северном краю Мезотетиса, и островодужные вулканы распространились до южного склона Крымско-Кавказского прогиба. В эоцене их унаследовал коллизионный вулканический пояс. В результате киммерийских деформаций (конец юры – начало мела) Крымско-Кавказский прогиб прекратился в Крыму и сохранился на Кавказе и в Южном Каспии. В позднем мелу Мезийско-Черноморско-Закавказская плита испытала растяжение с образованием Западно- и Восточно-Черноморских впадин. С конца среднего эоцена в Закавказье и с конца раннего миоцена на Большом Кавказе имели место интенсивные деформации, приведшие к образованию локальных деформационных поднятий. В плиоцен-четвертичное время происходило общее поднятие горных сооружений и углубление морских бассейнов. Сопоставление сформированной в ходе описанной эволюции структуры земной коры со строением верхней мантии обнаружило реликты субдуцированных слэбов Неотетиса в Загросе, Мезотетиса в Нижне-Куруинской впадине и литосферы Скифской плиты, пододвинутой под Центральный Кавказ и, в меньшей степени, под Степной Крым при герцинской субдукции.

В диссертации О.В. Гайдаленок, представленной на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук, приведены результаты исследования структуры и истории формирования Керченско-Таманской зоны складчатых деформаций на юге Азово-Кубанского прогиба. Показано, что эта зона, состоящая из нескольких складчатых цепей, разделяется на пять сегментов. Складчатые деформации имеют самый молодой, четвертичный возраст в центральном Таманском сегменте III, где они продолжают до сих пор. В соседних сегментах II и IV интенсивные складчатые деформации завершились в плиоцене, а в маргинальных сегментах I и V – в конце раннего – начале среднего миоцена после отложения майкопской серии. Центральный сегмент и складчатая зона в целом ограничены поперечными зонами сбросо-сдвиговых деформаций. Такая зона на восточной границе Таманского сегмента состоит из двух флексурно-

разломных зон, Анапско-Джигинской и более восточной Абрауской. В ходе плиоцен-четвертичного развития относительная роль Абрауской зоны возрастала, а Анапско-Джигинской уменьшалась. С юга Керченско-Таманская складчатая зона ограничена узким относительным поднятием, которое продолжает новейшее поднятие Горного Крыма и на востоке сменяется осевым новейшим поднятием Северо-Западного Кавказа.

В статье [Трихунков, Буланов и др., 2020] опубликованы результаты морфоструктурного анализа южной части Зайсанской впадины и ее горного обрамления (Восточный Казахстан). В районе впадины обнаружены признаки ее частичной унаследованности от юрского и пермского осадконакопления. Более определенны свидетельства опускания впадины с палеогена. В позднем миоцене и плиоцене погружение впадины ускорилося. Современная структура очерчивается поверхностью палеозойского фундамента, перекрытого палеоценовой корой выветривания, которые погружены на 1.5 км во впадине и подняты до 4 км на соседнем к югу хр. Саур. На границе впадины и хребта выявлена субширотная зона разломов, по крупнейшему из которых, Манрак-Саурскому, установлены правые взбросо-сдвиговые смещения. Правые взбросо-сдвиги продолжаются на северо-запад вдоль борта впадины к подножьям хр. Тарбагатай. В ходе развития в условиях сжатия южный склон Саурского сводового поднятия был осложнен более мелкими рамп-синклиналями.

В ходе изучения новейшей структуры и активной тектоники Центральной Азии и ее сопоставления со строением верхней мантии проанализированы опубликованные данные и База данных активных разломов (см. ниже); построены 12 геоморфологических профилей и совпадающих с ними разрезов верхней мантии, пересекающих регион в субмеридиональном и субширотном направлениях, а также серия геоморфологических профилей отдельных зон и три горизонтальных сечения верхней мантии на глубинах 67, 158 и 293 км. Результаты исследования изложены в двух статьях, представленных для опубликования в журнал «Геотектоника».

В статье [Трифонов, Соколов и др., в печати] показано, что поднятие Центральной Азии, расположенной между восточной частью Альпийско-Гималайского и западной частью Алтайско-Станового горных поясов, над смежными континентальными областями является неотектоническим образованием. Установлено, что пододвигание высокоскоростных верхов мантии Индийской платформы под Гималаи вызвало деформационное утолщение и резкое разуплотнение литосферы, что привело к усилившемуся в плиоцен-четвертичное время подъему Гималаев, Каракорума, Гиндукуша, Южного и Западного Тибета и Западного Куньлуна. Под остальной частью Центральной Азии, за исключением некоторых периферийных горных систем, сейсмические скорости в верхней мантии понижены. Обнаружены два внутримантийных плюма. Преобразования верхней мантии под воздействием Тибетского плюма, прослеженного от глубины ~1600 км, стали главным источником поднятия Тибета. Хангайский плюм с Хэнтэйским ответвлением, восходящий с глубины ~1250 км, вызвал поднятие Хангайского и Хэнтэйского нагорий и неоген-четвертичный базальтовый вулканизм. Воздействие подлитосферных потоков, распространявшихся от указанных плюмов и Эфиопско-Афарского суперплюма, обусловило разуплотнение верхней мантии, новейшие изгибные деформации и плиоцен-четвертичное поднятие Центрального и Восточного Тянь-Шаня, Гобийского и отчасти Монгольского Алтая и Саура. Под Западным Тянь-Шанем, Джунгарским Алатау, Горным Алтаем, Западным Саяном и северо-западом Монгольского Алтая сейсмические скорости в верхней мантии повышены. Здесь источник деформаций – коллизионное взаимодействие блоков литосферы, и поднятия ниже, чем в горных системах с разуплотненной верхней мантией.

В статье [Трифонов, Зеленин и др., в печати] показано, что по кинематике активных разломов различаются северо-восток региона (от Среднего Тибета до Восточного Саяна) и его южная и западная части (Гималаи, Памиро-Пенджабский синтаксис и область к северу от него до Горного и Монгольского Алтая). На северо-востоке доминируют субширотные левые сдвиги, а на юге и западе – правые сдвиги и надвиги северо-западного и широтного простираний. На горизонтальном срезе глубиной 67 км (пограничная зона кора/мантия) выделяются высочайшие горные системы с резко пониженными значениями скоростей Р-волн и, соответственно, плотности пород. Разуплотнение стало главной причиной интенсивного поднятия этих горных систем. Как показали срезы на глубинах 158 и 293 км, в восточной части Центральной Азии скорости Р-волн существенно понижены воздействием Тибетского и Хангайского внутримантийных плюмов.

Деформации латерального удлинения здесь превысили деформации латерального укорочения, и литосфера не могла передавать давление Индийской платформы более северным тектоническим зонам. Разуплотнение верхней мантии обусловило поднятие Тибета и Хангайского нагорья. Связанные с плюмами верхнемантийные течения вызвали левосдвиговые смещения по субширотным разломам. На юге и западе Центральной Азии скорости Р-волн и, соответственно, плотности верхней мантии возрастают. На юге происходит деформационное утолщение и пододвигание литосферы Индийской платформы под Гималаи и Южный Тибет. Активные надвиги, правые сдвиги и взбросо-сдвиги западной и северо-западной части Центральной Азии выражают горизонтальное сжатие литосферных блоков. Из-за плотностной неоднородности литосферы происходило вращение нагружаемых блоков, в результате чего скорости сдвиговых перемещений изменялись вдоль разломов до полного затухания.

Выполнена работа по приведению Базы данных активных разломов Евразии (БД) к единой детальности изображения объектов и единой форме записи атрибутивных данных. Уточнены и дополнены данные по регионам, недостаточно охарактеризованным ранее (Южная Европа, Средиземноморье, Юго-Восточная Азия, Дальний Восток и северо-восток России). В результате детализации имевшихся и внесения новых данных создано более 5000 дополнительных объектов с обособленными характеристиками. В настоящее время БД включает более 40000 объектов.

Усовершенствована система поиска сведений об активных разломах и неотектонике. На сайте Геологического института РАН <http://ginras.ru> в разделе <http://neotec.ginras.ru> на странице [http://neotec.ginras.ru/index/mapbox/database\\_map.html](http://neotec.ginras.ru/index/mapbox/database_map.html) размещен новый дополнительный ресурс, представляющий Базу данных в виде электронной карты с повышенной скоростью визуализации, выразительным ранжированием объектов и удобным средством скачивания требуемых фрагментов БД. Создано 175 фрагментов БД размером 4x6°, отвечающих листам геологических карт масштаба 1:1000000 и покрывающих все области со значимыми проявлениями активной тектоники. Эти фрагменты доступны на странице <http://neotec.ginras.ru/index/database/sheets.html> в виде растровых изображений листов карты активных разломов, а также файлов с полной атрибутивной информацией в векторных форматах SHP и KMZ, удобных для сопоставления с другими видами геологических данных в любых ГИС-программах.

Начаты сбор данных по картированию и параметризации активных разломов в соседних с Евразией акваториях и работа по созданию дополнительного обобщающего слоя Базы данных, в котором группы взаимосвязанных разломов при их рассмотрении в масштабе 1:5000000 объединяются в более крупные объекты (разломные зоны) с параметрами, обобщающими свойства включенных в них отдельных разломов. Разработан предварительный вариант системы атрибутов этого слоя. Создана пробная серия объектов обобщающего слоя, представляющих ряд крупнейших разломных зон Евразии, на примере которых начата оценка их атрибутов.

Две опубликованные статьи посвящены частным вопросам, имеющим, однако, методическое значение. В статье [Гайдаленок и др., 2020] представлены результаты изучения брахиантиклинальной складки на юго-западном берегу Динского залива Таманского п-ова. Уточнен древнеэвксинский (середина среднего плейстоцена) возраст слоев северного крыла антиклинали, где слои изогнуты до 40–42°, и ее юго-восточного крыла, где слои выполаживаются от 15–16° до почти горизонтального залегания. Впервые проведено палеомагнитное опробование разреза юго-восточного крыла, в основании которого найден рог оленя, датируемый ранним плейстоценом (гелазий–начало калабрия). Выявленную складчатую деформацию в сглаженном виде повторяет изгиб поверхности свода, покрытого делювиальными суглинками и супесями верхов среднего и/или верхнего плейстоцена. На основе описанной и подобных ей деформаций в других частях Таманского п-ова делается вывод об интенсивных складкообразовательных движениях в конце среднего и позднем плейстоцене.

В статье [Шалаева и др., 2020] представлены результаты определения возраста и стратиграфического положения игнимбритов, распространенных на северо-западе Армении и ранее описанных в научной литературе как ленинаканские (еревано-ленинаканские) туфы. Монотонное внутреннее строение, близкий возраст, установленный по результатам K–Ar датирования, и схожий химический состав позволяют полагать, что толща игнимбритов сформирована в результате крупного одноактного извержения вулкана Арагац. Оценены размеры площади распространения продуктов извержения в пределах позднекайнозойской Ширакской

впадины и ее обрамления к северо-западу и северу от Арагаца. Сопоставление возраста и состава туфов и лав привершинной части Арагаца показало, что их формирование произошло на завершающей стадии третьего этапа активности вулканического центра (0.70–0.65 млн лет назад).