

КРАТКИЙ НАУЧНЫЙ ОТЧЕТ

Главные результаты исследований по проекту объединяются в четыре группы:

(1) Полевые исследования и анализ данных дистанционного зондирования Камчатки показали следующее. В западных подножьях Ганальского хребта (Восточно-Камчатская зона разломов) установлено, что углы падения плоскостей сбросов вблизи земной поверхности составляют 30–40°, и они примерно равны наклону созданных сбросовыми движениями фасет. Из этого следует, что сбросы восточного ограничения Центральной Камчатской депрессии относятся к типу "разломов с малыми углами падения", и по углам наклона нижних частей сбросовых фасет можно судить об углах падения сбросов. Такой метод оценки наклона разломов нов и оригинален. Выявлено поперечное растяжение Центральной Камчатки в полосе от Восточного вулканического пояса до Срединного хребта. Растяжение реализуется в движениях по сбросам в Восточном вулканическом поясе и сбросам восточного ограничения Центральной Камчатской депрессии. Средняя скорость раздвигания – около 17 мм/год (~13 мм/год в Восточно-Камчатской зоне разломов и ~4 мм/год в системе сбросов Восточного вулканического пояса). В Южной Камчатке скорость сокращается до 1.6 мм/год, а в области сочленения Курило-Камчатской и Алеутской островных дуг растяжение сменяется поперечным укорочением вследствие коллизии типа «дуга-дуга». В целом, скорость растяжения деформаций увеличиваются к северному окончанию Курило-Камчатской зоны субдукции, что соответствует модели деформации островной дуги при отступании в сторону океана погруженной части субдуцирующей плиты и желоба. Полученные новые данные опубликованы в статьях [Зеленин, 2017; Zelenin et al., 2019].

Дешифрированием космических снимков установлена кинематика активных разломов западного обрамления Тихого океана и его сочленения с внутриконтинентальными структурами. На северо-востоке Азии обнаружены признаки правосдвиговых смещений вдоль Ланково-Омолонской зоны северо-восточного простираения (к западу от зал. Шелихова) и вдоль меридионального Кетандинского разлома (северное Приохотье). Доказано, что на Сахалине существует единая продольная правосдвиговая зона с меняющейся вдоль ее простираения относительной величиной вертикальной компоненты, которая мала на севере и, возможно, доминирует в центре и на юге острова. Эта правосдвиговая зона представляет собой элемент системы правых сдвигов северной и западной периферии Тихого океана, развивающихся из-за неортогонального сближения Тихоокеанской плиты с Евразией и Северной Америкой. Система разломов Станового нагорья и системы разломов хребтов Тукуринга-Джагды являются асимметричной (в поперечном сечении) транспрессионной левосдвиговой зоной. Следует отметить удивительное подобие соотношений внутриконтинентальных и периокеанических структур в системах «грабены Лаптевоморского шельфа – левый сдвиг Улахан – правый Ланково-Омолонский сдвиг» и «грабены байкальских впадин – левый Токинский сдвиг – правосдвиговая Прибрежная зона». Важным представляется само обнаружение Прибрежной правосдвиговой зоны, в движениях по которой, возможно, реализуется часть общего правостороннего сдвигания в зоне перехода континент-океан. Полученные результаты включены в Базу данных об активных разломах Евразии.

(2) Создана Новая база данных активных разломов Евразии (БД). БД объединяет и обобщает данные многих исследований в едином формате и содержит более 30000 объектов (разломов, разломных зон и связанных с ними тектонических нарушений и деформаций). Каждый объект БД снабжен координатной привязкой, достаточной для его точного отображения на картах масштаба 1: 1000000, обосновывающими и оценочными атрибутами. Обосновывающие атрибуты: NAME – название объекта; PARM – записанные в определенном формате данные о методах параметризации разлома, морфологии, кинематике и величинах смещений по разлому за различные отрезки времени, скоростях движений, установленных по данным об амплитудах смещений за определенное время, возрасте последних проявлений активности, сейсмических и палеосейсмических проявлениях,

связанных с объектом; TEXT – дополнительные сведения об объекте, записанные в свободной форме; AUTH – источники информации об объекте. Оценочные атрибуты представлены системой индексов, отражающих следующие характеристики. SNS1 – ведущая компонента движений по разлому согласно структурно-геологической классификации. SNS2 – второстепенная компонента движений по разлому, если она существует. SIDE – индикатор относительно поднятого крыла. RATE – три ранга скорости молодых движений по разлому ($V < 1$ мм/год; $1 < V < 5$ мм/год; $V > 5$ мм/год). CONF – четыре категории достоверности оценки объекта как активного. С помощью индексов объекты можно сравнивать друг с другом и коррелировать с любой другой оцифрованной информацией. В 2019 г. получено Свидетельство о государственной регистрации базы данных №2019621553 «База данных активных разломов Евразии». БД доступна на сайте Геологического института РАН <http://ginras.ru/> в разделе лаборатории неотектоники и современной геодинамики <http://neotec.ginras.ru/> на странице <http://neotec.ginras.ru/database.html>, где она снабжена Объяснительной запиской и списком использованной литературы. Содержание БД охарактеризовано в статье [Бачманов и др., 2017], а возможности ее использования для решения задач неотектоники и современной геодинамики – в статье [Бачманов и др., 2019].

(3) В Крымско-Кавказском регионе и Восточной Турции выполнены исследования плиоцен-четвертичной тектоники, результаты которых опубликованы в 9 статьях. В Керченско-Таманской складчатой области (КТСО) на южном крыле Азово-Кубанского предгорного прогиба доказано омоложение возраста главной завершающей фазы складчатости от конца раннего миоцена на западном и восточном флангах зоны до позднего плиоцена на востоке Керченского п-ва и в районе г. Крымска и четвертичного периода в центральном Таманском сегменте КТСО. Четвертичный возраст складок Таманского сегмента обоснован в статьях [Гайдаленок и др., 2019; Тесаков и др., 2019]. На границах сегментов КТСО с разным возрастом складчатости выявлены поперечные флексурно-разломные зоны [Трихунков и др., 2018, 2019]. В Сочинском районе СЗ Кавказа установлено развитие складок в позднечетвертичное время [Trikhunkov et al., 2018]. На Северном Кавказе доказано шарьяжное строение плато Лагонаки. Установлено, что на поверхности плато красноцветная кора выветривания, формировавшаяся на небольших высотах, сейчас поднята до 1900–3000 м. Для оценки возраста поднятия исследовались коррелятивные ему неогеновые отложения долины р. Белой [Tesakov et al., 2017]. Более определенные сведения об амплитуде и скорости четвертичного поднятия получены на юге северо-восточного склона Большого Кавказа в Северном Азербайджане. Здесь морские акчагыльские отложения с фауной моллюсков с возрастом 2–3 млн лет подняты на 1770 м, что дает среднюю скорость четвертичного поднятия 6–9 мм/год.

На востоке Турции установлены перестройки долин р. Евфрат и его главных притоков в результате левого сдвига по Восточно-Анатолийской зоне разломов и накладывающегося на умеренное общее поднятие воздымания Таврского хребта в результате движений по Южно-Таврскому надвигу [Trifonov et al., 2018; Ozherelyev et al., 2018]. В Северной Армении и Восточной Турции исследованы стратиграфия и тектоника 22 межгорных впадин, заполненных отложениями от верхнего миоцена до квартера. Предварительно определены главные факторы, приведшие к их образованию. Это опускания участков повышенной плотностью коры из-за присутствия в ней фрагментов более древней океанской коры, маркируемых офиолитами; смещения по новейшим разломам, что ярко выражено в присдвиговых впадинах; обособление участков между поднятиями, активно развивающимися при надвигообразовании или складчатости; перемещения и преобразования вещества мантии, проявившиеся в синхронном впадинам вулканизме на их обрамлениях. Наиболее детально изучена Ширакская впадина на границе Армении и Турции [Shalaeva et al., 2018]. На юго-западе впадины обнаружены нижнеакчагыльские (верхний плиоцен) морские отложения, в которых найдены диноцисты каспийского типа. Сейчас кровля этих отложений находится на высоте 1565 м, что дает среднюю скорость четвертичного (последние 2.58 млн лет) поднятия этой части Малого Кавказа ~0.6 мм/год. Изучение распределения и деформаций озерных и аллювиальных отложений конца раннего – начала среднего плейстоцена позволяет утверждать, что в последние 0.6–0.65 млн лет поднятие ускорилось до 1–2 мм/год.

Оценка четвертичных поднятий и климатических изменений позволили восстановить природную среду Аравийско-Кавказского региона 1.7–2.0 млн лет назад, когда, судя по археологическим данным, здесь появились древнейшие гоминин. Высоты горных хребтов не превышали 1000 м, редко 1500 м. Только отдельные вулканы и, возможно, центр Большого Кавказа

возвышались до 2000 м. Соседние впадины были не выше нескольких сотен метров. Климат конца гелазия был влажным и относительно теплым и создавал условия для развития растительности саванного типа во впадинах и долинах и лесов в горах. Обилие растительности обеспечивалось обильным водоснабжением, контролировавшимся активностью разломов, а на юге региона также обогащением почв продуктами вулканизма. Последующая аридизация привела к распространению степных и лесостепных биоценозов, но растительность оставалась обильной. Все это стимулировало широкое распространение копытных млекопитающих. Гоминины мигрировали вслед за ними в позднем гелазии и раннем калабрии [Trifonov et al., 2019].

(4) Опубликовано три статьи [Трифонов, Соколов, 2017, 2018], в которых излагается концепция авторов, согласно которой тектоника земной коры отражает на поверхности твердой Земли геодинамические процессы в ее мантии и ядре. Источником разнообразных тектонических проявлений является общемантийная конвекция. Ее восходящие ветви образованы суперплюмами типа Эфиопско-Афарского и Центрально-Тихоокеанского. От них распространяются верхнемантийные потоки, порождающие верхнемантийную конвекцию. Течения в верхней мантии обуславливают все плейт-тектонические процессы, а также внутриплитный магматизм и разуплотнение континентальной литосферы, возникающее при широком распространении коллизии и приводящее к усилению поднятий в орогенные этапы и особенно их главные стадии, к которым принадлежит плиоцен-квартер. Для систем Гавайи – Императорский хребет и Эфиопия–Аравия–Кавказ определены скорости верхнемантийных потоков. В среднем они близки к 8 см/год. Нисходящие ветви общемантийной конвекции представлены отторженными высоко-метаморфизованными фрагментами утолщенной континентальной литосферы и частью субдцированных слэбов, погружающихся ниже переходного слоя мантии, тогда как большинство слэбов переходит на уровне этого слоя в субгоризонтальные зоны. Средние скорости нисходящих течений, происшедших по обеим сторонам Южной Атлантики одновременно с ее раздвиганием, определены в 0.9–1.0 см/год. Тектонические фазы, отражающие усиление деформаций сжатия, проявляются чаще в эпохи частых инверсий магнитного поля, отражающих процессы в земном ядре. В последние 24 млн лет фазы и инверсии были особенно многочисленными, причем пики фаз отставали от интервалов наиболее частых инверсий на 1–2 млн лет. Предполагается, что их связь осуществляется действием на литосферу переменных объемных сил, возникающих при изменении параметров течений в ядре, за которым следуют изменение режима вращения Земли и адаптация к нему литосферных масс. Комплексное воздействие процессов в мантии и ядре Земли обусловило преобразования литосферы и усиление вертикальных движений в новейший орогенный этап и особенно в его плиоцен-четвертичную стадию.