

1. ФИО научного руководителя: Кожурин А.И.

2. Индекс УДК: 551.24

3. № госрегистрации: 0120.0 804909

4. Наименование темы: Формирование четвертичной структуры востока Центральной Камчатки в связи с динамикой зоны подвига

5. Реферат:

Камчатский сегмент Курило-Камчатской островной дуги, в сравнении с островными дугами запада Тихого океана, обладает ярко выраженной спецификой. Сбросовый тип перемещений и листрическая морфология разломных зон свидетельствуют о том, что земная кора Центральной Камчатки в четвертичное время подвергалась и продолжает подвергаться растяжению, связанному с ее растягиванием в сторону океана. На западе область растяжения включает краевую часть Срединного хребта, на юге ограничена поперечной Начикинской зоной (граница с Курильским сегментом дуги), а на севере не выходит за линию проекции на Камчатку Алеутского трансформного ограничения Тихоокеанской плиты. За этой линией, на полуострове Камчатский, выявлены структурные признаки поперечного Камчатке сокращения земной коры. Сочетание разрывных структур разной кинематики свидетельствует о сближении Алеутской и Камчатской островных дуги и пододвигании одной из дуг (Алеутской) по другую. Геодинамическая интерпретация процесса деформирования Центральной Камчатки и района сочленения Камчатской и Алеутской дуг опирается на факт их нахождения вблизи и над краевой (северной) частью Тихоокеанской плиты. Растягивание земной коры Центральной Камчатки интерпретировано как следствие отодвигания оси глубоководного желоба и погруженной части плиты на юго-восток, от дуги, а коллизионное взаимодействие дуг – как результат направленного к северо-западу смещения Командорского сегмента Алеутской дуги при проскальзывании вдоль него Тихоокеанской плиты. Показано, что в коре граница областей с разным режимом деформирования находится над краем погруженной части Тихоокеанской плиты и представлена левосторонним орочлиальным изгибом дочетвертичных геологических комплексов и структурных зон. Выполненные палеосейсмологические исследования позволили оценить максимальную магнитуду землетрясений, которые могут генерироваться движениями по активным разломам Центральной Камчатки (6.5-6.8) и района сочленения островных дуг (7.5-7.6).

6. Содержание:

Работа в рамках темы заключалась, прежде всего, в восстановлении основных характеристик деформирования земной коры Камчатки. При этом предполагалось выявить латеральные вариации в режиме деформирования земной коры Камчатки относительно северного края погруженной части Тихоокеанской плиты, проекция которого на земную поверхность находится, по данным сейсмологических исследований (Gorbatov et al., 1997), примерно на широте западного окончания Алеутской дуги. Такое ее положение соответствует плейттектонической модели, в которой Тихоокеанская плита не распространяется на север далее Командорского сегмента Алеутской дуги и движется параллельно ему. Особый интерес к поставленному вопросу придавал тот факт, что до выполнения работ по теме на Камчатке были известны разломы, вертикальная компонента перемещений по которым была исключительно сбросовой, что резко отличало Камчатку от ближайшего окружения в переходной зоне - Японской островной дуги, Сахалина, Корякского нагорья (последнее стало очевидным после Олюторского землетрясения 2006 г). Основным объектом полевых исследований, данные о которых использовать для решения поставленных в рамках темы вопросов, были активные разломы – их распространение, кинематика и структурные рисунки, ими образуемые. Учитывая малую степень обнаженности Камчатки, особые надежды

возлагались на метод тренчинга, заключающийся, по сути, в создании искусственных обнажений в тех точках на линии разлома, где его изучение, как структурно-кинематическое, так и палеосейсмологическое, могло быть наиболее результативным.

В пределах Центральной Камчатки, то есть, над погружающейся Тихоокеанской плитой, доминирующей является Центральная Камчатская депрессия – асимметричная продольная впадина с разломным восточным бортом. Система разломов ранее была известна под названием «Передовой фас Центральной Камчатки», позднее была названа Восточно-Камчатской (Kozhirun et al., 2006). При полевых наблюдениях зона изучалась в северной и южной частях. Заключение по центральной части опирались только на данные дешифрирования аэрофотоснимков и космических снимков.

Полевыми исследованиями впервые было окончательно доказано, что вертикальная компонента движений по разломам зоны является сбросовой (ранее аргументы в пользу сбросовой кинематики не выходили из разряда геоморфологических). Структурными построениями (восстановление среднего угла падения плоскостей разломов на разных глубинах эрозионного вреза) обнаружено, что плоскости отдельных сбросов и зоны в целом выполаживаются с глубиной. Таким образом, установлена листрическая природа Восточно-Камчатской зоны разломов, а также параллельных ей, морфологически идентичных более коротких зон к западу и к востоку. В рельефе движения по листрическим сбросовым зонам привели к наклону поверхностей ограниченных ими блоков всегда к востоку, в сторону океана. Сдвиговая компонента проявлена эпизодически и, где присутствует, всегда имеет правый знак.

Их факта листрическая морфологии сбросов Центральной Камчатки сделан вывод о том, что земная кора островной дуги в четвертичное время испытывала и продолжает испытывать примерно поперечное дуге растяжение, и что процесс, выраженный структурами растяжения, представляет ее латеральное растягивание. С учетом распространения сбросовых разломов и их зон примерно оконтурена подверженная растягиванию область Центральной Камчатки. На западе она захватывает восточный склон Срединного хребта, где развита аналогичная Восточно-Камчатской, но менее протяженная сбросовая зона. На юге ограничением области служит эшелонированная в целом северо-западного простирания система небольших субмеридиональных односторонних грабенов (каждый из них представляет уменьшенную копию Центральной Камчатской депрессии). Характер эшелонирования грабенов свидетельствует о наличии правосдвиговой компоненты перемещений вдоль их системы, согласующейся с движением блоков Центральной Камчатки к востоку. Выявленная северо-западного простирания кулисная зона грабенов совпадает с известной Начикинской зоной поперечных дислокаций и является, очевидно, ее молодым (четвертичным) выражением.

Чтобы понять, каким образом рассматриваемая область замыкается на севере, были выполнены полевые исследования активной тектоники полуострова Камчатский, сразу за линией проекции на земную поверхность края погруженной части Тихоокеанской плиты. Полуостров Камчатский находится непосредственно на продолжении Командорского сегмента островной дуги. Достаточно давно, еще с работы Geist and Scholl (1994), предполагался коллизионный характер взаимодействия Алеутской и Камчатской дуг. Предполагалось, что коллизионный контакт двух дуг находится в основании восточного подводного склона полуострова Камчатский, то есть, в Камчатском проливе. Предположение обосновывалось исключительно сейсмологическими данными. В более поздней работе Gaedike et al. (2000) коллизионный контакт был помещен в восточную наземную часть полуострова. При этом следует отметить, что до работ по теме структурных признаков предполагаемой коллизии двух дуг обнаружено не было, без них же доказанным процесс коллизии считать было нельзя.

Изучение активной тектоники полуострова показало широкое развитие в его пределах активных разломов. Среди них основное внимание было обращено на самые западные разломы, выявленные и изученные в 2009-2010 г.г. Один из разломов протягивается в субмеридиональном направлении в

основании восточного склона хребта Кумроч (его части к северу от р. Камчатка). Данные изучения разлома в стенках пройденной канавы, а также георадарное профилирование показали, что по кинематике разлом представляет взброс (на глубине, возможно, надвиг) с падающей на запад, под поднятие хребта, плоскостью. Второй разлом, субширотный, начинается от северного окончания обнаруженного взброса и протягивается на восток вплоть до береговой линии Берингова моря. Его изучение выявило доминирующие правосторонние перемещения вдоль его плоскости, причем в условиях сильной транспрессии. Плоскость разлома наклонена на север под углом максимум в 45-50°. Разлом, несомненно, продолжается под воду и, скорее всего, достигает подножья континентального склона полуострова. Два выявленных и изученных активных разлома ограничивают полуостров Камчатский с запада и севера. Их наличие показывает, что полуостров Камчатский представляет отдельный блок, а сочетание свидетельствует о движении блока полуострова в западном направлении и его пододвигании под хребет Кумроч. Сближение полуострова Камчатский с собственно Камчаткой интерпретировано как проявление коллизионного, по своей природе, взаимодействия Алеутской дуги с Камчаткой. Выявленная система двух разломов – самая западная в системе коллизионных структур, основной коллизионный контакт. При этом коллизия имеет характер «мягкой», когда одна из взаимодействующих дуг (Алеутская) представляет не единый жесткий блок, а набор относительно небольших блоков, способных перемещаться до некоторой степени независимо друг относительно друга при их общем согласованном движении в сторону соседней дуги (Камчатской). Следует отметить, что выявленная поддвиговая составляющая коллизионного взаимодействия характерна также для смыкания Изу-Бонинской и Японской островных дуг и, таким образом, ее наличие представляется закономерным. Переход от тектоники поперечного латерального растягивания земной коры в пределах Центральной Камчатки к поперечному ей сокращению земной на широте полуострова Камчатский коры происходит примерно над краем погруженной части Тихоокеанской плиты. На земной поверхности переход осуществляется в довольно широкой зоне левостороннего орклинального изгиба, проявленного в плановой морфологии дочетвертичных комплексов и структурных зон (в частности, линии надвига Гречишкина).

Таким образом, при работах по теме впервые показано существование продольной изменчивости в режиме деформирования земной коры Камчатки, а также связь этой изменчивости с положением края зоны субдукции и ее динамикой. Возможность перемещения краевых погруженных частей океанических плит была продемонстрирована физическим и численным моделированием (напр., Schellart, 2008; Schellart et al., 2008). Оценки средней скорости продвижения в сторону океана блоков Центральной Камчатки показали соответствие, по порядку, следующим из моделирования (порядка 1-2 см в год). За пределами зоны поддвига на смену тектоники растяжения приходит тектоника поперечного сокращения.

Рекогносцировочными полевыми работами в эпицентральной зоне Олюторского землетрясения 21 апреля 2006 г. (Mw 7.6) дополнены и, в отдельных случаях, существенно уточнены сделанные ранее заключения о параметрах Олюторского сейсморазрыва. Сделан вывод о том, что в северном обрамлении Командорской котловины режим деформирования земной коры является транспрессионным (с правосторонней компонентой). Таким образом, выявлено, что севернее окончания зоны поддвига, по простиранию зоны перехода континент-океан, режим сокращения земной коры является повсеместным. Поперечное растяжение земной коры Камчатского сегмента Курило-Камчатской островной дуги выступает, таким образом, как локальный эффект динамики зоны поддвига.

Полученные при работах по теме данные об активных разломах Центральной Камчатки и полуострова Камчатский включали также данные о параметрах движений по ним, которые важны для оценки сейсмического потенциала, то есть, максимальной магнитуды генерируемых отдельными подвижками землетрясений. Это данные о величине (амплитуде) одноразовых подвижек, возрасте последних подвижек, продолжительности характерных периодов их

повторяемости. С использованием известных эмпирических соотношений между параметрами движений по разломам и магнитудой землетрясений (Wells, Coppersmith, 1994) максимальная моментная магнитуда связанных с активными разломами землетрясений в пределах Центральной Камчатки оценена величиной порядка 6.5-6.8, а на полуострове Камчатский – 7.5-7.6. Сделан вывод, что при оценке сейсмической опасности на территории Камчатки и ее окружения помимо зоны субдукции следует учитывать сейсмогенерирующий потенциал хрупких деформаций земной коры островной дуги. Полученные данные использованы при работах по созданию сеймотектонической основы новой карты общего сейсмического районирования территории России (ОСР-2012).

7. Список наиболее значимых опубликованных работ по теме

Трифонов В.Г., Кожурин А.И. Проблемы изучения активных разломов // Геотектоника. 2010. № 6. С. 79–98

Пинегина Т.К., Кожурин А.И. Новые данные о сейсморазрыве Олюторского землетрясения (MW 7.6, 21.04.2006 г., Корякия, Россия) // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2010. № 2. Выпуск 16. С. 231-241

Кожурин А.И., Пономарева В.В., Пинегина Т.П. Деформация островной дуги, расположенной над краем погружающейся плиты: пример Камчатки // Матер. XLIII Тектоническом совещания: «Тектоника и геодинамика складчатых поясов и платформ фанерозоя. 2010. Т.1

Кожурин А.И., Пономарёва В.В., Пинегина Т.К. Активная разломная тектоника юга Центральной Камчатки // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2008. № 2. Выпуск 12. С. 10-27

Kozhurin A. A dangling slab and arc-normal extension: the case of Kamchatka, Russia // Abstract for AGU Fall 2009 Meeting, San-Fransisco, Ca. December 14-18, 2009

Kozhurin A.I., Acocella V., Kyle P.R. et al. Trenching active faults in Kamchatka, Russia: paleoseismological and tectonic implications // Tectonophysics. 2006. V. 417. P. 285-304.

Kozhurin A.I. Active Faulting in the Kamchatsky Peninsula, Kamchatka-Aleutian Junction // American Geophysical Union, Geophysical Monograph Series “Volcanism and Subduction: The Kamchatka Region”. Eds: Eichelberger J., Gordeev E., Kasahara M. et al. 2007. V. 172. P. 263-282.