## **ХРОНИКА**

УДК 551.24

## ВОПРОСЫ ТЕКТОНИКИ НА XIX ГЕНЕРАЛЬНОЙ АССАМБЛЕЕ МЕЖДУНАРОДНОГО СОЮЗА ГЕОДЕЗИИ И ГЕОФИЗИКИ

Очередная Генеральная ассамблея Международного союза геодезии и геофизики проходила с 9 по 22 августа в г. Ванкувере (Канада) в Университете Британской Колумбии. Как всегда это был весьма представительный форум, собравший ученых из многих стран мира. На нем обсуждались проблемы, касающиеся всех оболочек Земли: от верхней атмосферы до земного ядра. Вопросы тектоники рассматривались на так называемых межсоюзных симпозиумах и на заседаниях нескольких ассоциаций: геодезии, сейсмологии, вулканологии, геомагнетизма, а также на симпозиумах Межсоюзной комиссии по литосфере.

Обсуждавшиеся тектонические проблемы можно разделить на четыре главные группы: 1) строение и физические свойства глубинных сфер Земли — ядра и мантии; 2) строение земной коры, особенно ее нижней части; 3) эволюция земной коры; 4) ла-

теральные перемещения литосферных масс.

страняющиеся на нижнюю мантию.

Проблемы строения и физических свойств ядра и мантии вызвали значительный интерес. На симпозиуме U1 «Куда мы идем?» (Quo Vadimus?) говорилось о начинающихся работах по международному проекту SEDI — «Изучение глубинных недр Земли». Подчеркивалась необходимость понимания динамических процессов в быстро вращающейся жидкой среде, отвечающей ядру Земли. Численное моделирование этих процессов возможно только с применением суперкомпьютеров. Строению ядра Земли и его соотношениям с мантией много внимания было уделено на симпозиуме U2 «Нестабильность в Земле и динамика ядра». Методами сейсмической томографии выявлены крупные неровности границы ядро — мантия, достигающие ±6 км (А. Морелли и А. М. Дзевонский, симпозиум U6). Они связывались некоторыми исследователями (П. Олсон и др.) с мелкомасштабной конвекцией. Приводились данные (Д. Мэйсон и др.) о том, что обнаруживается пространственная связь между горячими точками подъема вещества в ядре. Высказывалось предположение, что источником тепла является кристаллизация и рост твердого внутреннего ядра Земли (О. Андерсон, Д. Янг).

Представленные на симпозиуме U6 «Крупномасштабные трехмерные структуры Земли» новые данные по сейсмологии, гравиметрии, о форме геоида и о магнитном поле позволили получить объемное представление о строении мантии и происходящих в ней процессах. Особенно впечатляющими были результаты сейсмической томографии, основанные на совместном анализе времен пробега сейсмических волн от многих источников к широкой мировой сети сейсмостанций. Представлены глобальные карты и разрезы (А. М. Дзевонский и др.), показывающие, как изменяются в различных частях мантии скорости прохождения и затухания сейсмических волн. Некоторые крупные поверхностные структуры прослеживаются до глубин 300 км, ниже они сменяются иными структурами. От раздела ядро — мантия вверх, почти до поверхности, прослеживаются две зоны пониженной проводимости волн, т. е, разуплотнения и возможного подъема вещества — под Тихим океаном и Африкой, или две зоны повышенной проводимости волн, т. е, уплотнения и возможного опускания вещества — под Америкой и Азией. Более частная, но значительная аномалия с затуханием сейсмических волн прослежена под Западно-Сибирской низменностью до глубин 1300 км. Под некоторыми,

Вопросы строения нижней части континентальной коры и происходящих в ней процессов обсуждались на симпозиуме U7 «Нижняя кора: свойства и процессы», S7 «Тонкая структура и анизотропия литосферы», L1 «Структура расплавов при высоком давлении и петрогенез в мантии», а также на Координационном комитете № 7 Межсоюзной комиссии по литосфере, где рассматривался проект «Глобальные трансекты». Докладчики, представившие наиболее убедительный материал, основывались на комплексном анализе данных сейсморазведки, гравиметрии, минеральных и фазовых преобразований вещества и изменения физических свойств горных пород при высоких температурах и давлениях. Обосновывался вывод, что скоростные особенности нижней части коры континентов определяются в основном гранулитизацией и другими процессами уплотнения вещества, тогда как существенных химических отличий нижней части коры от верхней нет. Обсуждалась роль флюидов в перемещении корового вещества.

хотя далеко не под всеми зонами субдукции, отмечены повышенные скорости распро-

Впечатляющи результаты непрерывного сейсмического профилирования методом отраженных волн, осуществляющегося в последние годы по различным зарубежным проектам (COCORP, MOIST, BIRP и др.). К сожалению, подобные работы в СССР немногочисленны, хотя теоретическая основа метода разработана именно советскими учеными. В результате профилирования Канадского щита в районе Великих озер (А. Грин и др.) установлено, что поверхность Мохоровичича не горизонтальна, а состоит из наклонных отражающих горизонтов, погружающихся с глубины от 40 до 60 км. При пересечении Гренвильского пояса выявлено, что отражающие горизонты наклонены на юго-восток и могут быть интерпретированы как глубинные надвиги, по которым

комплексы пород этого пояса надвинуты на Канадский щит. В Швейцарских Альпах тем же методом выявлена серия перекрывающих друг друга глубинных покровов, а в Курильском желобе прослежена подошва океанической коры, погружающаяся до 70 км в сторону островной дуги. Сейсмическое профилирование Балтийского щита обнаружило вариации мощности коры от 26 до 47 км. В Центральном Французском массиве (С. Буа и др.) и Шварцвальде (К. Фукс и др.) установлен слоистый характер нижней части коры с четкими отражениями на глубинах 11—14 км. Тот факт, что во многих регионах границы латеральных неоднородностей, связанные с верхнекоровыми структурами на глубине размываются и сменяются слоистыми отражениями от нижнекорового слоя, говорит о его специфическом физическом состоянии. На обсуждении проекта «Глобальные трансекты» были представлены глубинные профили через юго-запад Канады и Калифорнию, где на основе комплекса данных нижняя часть коры показана в виде геологических тел конкретного возраста и состава, перекрытых верхнекоровыми образованиями.

Различные аспекты эволюции земной коры затрагивались на симпозиумах U9 «Эволюция срединно-океанических хребтов», U12 «Глубинное строение и прошлая кинематика аккретированных террейнов» и U19 «Происхождение и эволюция осадочных бас-

сейнов, их энергетические и минеральные ресурсы».

На симпозиуме U9 докладывались в основном результаты исследований структуры и вулканизма срединных хребтов на Востоке Тихого океана, в Центральной и Южной Атлантике, а также в районе тройного сочленения спрединговых зон в Индийском океане. Эти работы выполнены американскими, канадскими, французскими и английскими экспедициями.

Результаты советских исследований были представлены лишь в одном докладе. Японские специалисты рассказали об изучении трога Окинава подводным аппаратом с предельной глубиной погружения 2 км. Канадские ученые доложили о непрерывной в течение 21 дня документации действия гидротермального рудоносного источника—«черного курильщика» на хребте Хуан-де-Фука в Тихом океане— с помощью установленной на дне камеры. В сентябре этого года они планируют установить такую камеру на целый год. Из средств изучения морского дна, которые прочно вошли в арсенал зарубежных исследований, назовем «Сибим»— многолучевой эхолот, с помощью которого непрерывно производится составление батиметрической карты в полосе шириной до 10 км; «Глория» — сонар бокового обзора, дающий изображение дна в полосе шириной 20—25 км; «Симарк»— придонный сонар, изображающий рельеф дна в полосе шириной 1—3 км с разрешающей способностью 3—10 м; навигационную систему «Навстар», позволяющую почти непрерывно производить пространственную привязку судна с точностью до первых десятков метров.

Из научных результатов помимо достигнутой необычайно большой детальности картирования осей спрединга (в масштабе 1:10000—1:20000, изобаты через 5 м) отметим развитие идеи о продвигающихся рифтах. Часто параллельно действующей оси спрединга появляется вторая ось, которая разрастается по мере отмирания первой. На симпознуме U6 «Структура и магматизм подводных гор» сообщены результаты погружения подводного аппарата «Алвин» в междуговом прогибе Изу-Бонинской дуги и в северной части Марианской дуги (П. Фрайер и др.). Описаны начальные стадии рифтогенеза и расщепления островной дуги. Внутри образовавшихся грабенов протягиваются зоны молодых вулканов. Характерен бимодальный вулканизм: сочетание ба-

зальтов с риодацитами.

Большой интерес вызвал симпозиум U12, собравший рекордное количество докладов — 51. Сейчас накапливается все больше данных, доказывающих, что континенты образовались за счет постепенного соединения — аккреции многочисленных сравнительно небольших блоков, которые получили название террейнов и которые до их присоединения к континентам проделали большой путь по земной сфере. Если ранее такой аккреционный путь разрастания континентов считался характерным для Тихоокеанского кольца, то сейчас чужеродные блоки обнаруживаются практически во всех складчатых поясах: и в Аппалачах, и в Австралийских Андах, и в Альпийском поясе, и в горах Северо-Востока СССР. Американо-китайская группа продемонстрировала, например, что территория Юго-Восточной Азии, включая Китай, возникла только в позднем палеозое и раннем мезозое за счет столкновения и аккреции по крайней мере 6 блоков. Крайне интересные данные привели в своих докладах канадские (П. Хоффман) и финские (Х. Петерсон) ученые, показавшие, что древние щиты, как и более поздние континенты, возникли за счет соединения многих разобщенных до этого блоков (ранее подобные выводы были сделаны советскими учеными). Употреблялось даже такое выражение «Соединенные плиты Америки». Во многих докладах ученых из США, Канады, Великобритании и ФРГ приводились данные глубинного сейсмического профилирования методом отраженных волн. Они наглядно показали, что складчатые пояса образованы системой чешуй, надвинутых одна на другую, причем некоторые из них уверенно интерпретировались как чужеродные блоки. Вновь приходится констатировать, что подобные сейсмические работы у нас в стране пока не проводятся. В малом

объеме проводится у нас и палеомагнитное изучение террейнов.
На симпозиуме U19 интерес вызвал доклад Е. В. Артюшкова, выступившего с новой концепцией происхождения некоторых осадочных бассейнов в результате перерождения глубинного вещества литосферы. Подчеркнуто значение такого подхода для оценки перспектив нефтегазоносности. В своем выступлении А. Л. Яншин обратил внимание на эволюцию осадочных бассейнов в ходе общей эволюции планеты, отметив, в частности, низкую контрастность рельефа в глубоком докембрии из-за близости к поверхности астеносферы.

В проблеме изучения латеральных перемещений литосферных масс наибольший интерес вызвали новые данные об исследовании относительных современных движений континентов и отдельных блоков методами космической геодезии (допплеровский эффект от сигналов со спутников лазерная интерферометрия), доложенные на симпозиумах U3 и GSII. Полученные цифры относительных скоростей движений чаще всего согласуются с тенденциями, определенными геолого-геофизическими методами в рамках теории тектоники литосферных плит, хотя далеко не всегда совпадают с ними количественно (расхождения обычно меньше, чем вдвое) и иногда противоречат им (как, например, в Атлантике). К космогеодезическим исследованиям тематически примыкают результаты изучения современного поля напряжений, доложенные на симпозиуме L2

«Мировая карта современных напряжений».

Медленным деформациям и передаче напряжений в Земле был посвящен симпозиум U5. Дж. Минстер и Т. Джордан показали, что существующими методами, принятыми в теории тектоники плит, надежно регистрируются движения со скоростями не менее 1 см/год, происходившие в течение не менее 2 млн. лет; более медленные движения не фиксируются. Ш. Де Метс и др. выделили диффузные границы плит, например, между Северной и Южной Америкой, вдоль Азоро-Гибралтарской зоны, в Индийском океане. А. Нур и О. Скотти рассказали о своеобразных глыбовых структурах, ограниченных пересекающимися системами сдвигов и испытывающих сложные вращения. Такие структуры описаны на Западе США, на Среднем Востоке, в Новой Зеландии. С. Коэн установил, что деформации в континентальной коре в поясах коллизии распространяются на расстояние, прямо пропорциональное длине этих поясов. Все эти данные, выходящие за рамки традиционной тектоники плит, близки к представлениям советских тектонистов о деформируемости коры и существенной роли сдвиговых смещений в континентальных подвижных поясах.

В Межсоюзной комиссии по литосфере обсуждались два новых проекта. Первый предложен Советским национальным комитетом Рабочей группе № 1 и заключается в составлении Международной карты активных разломов Мира в масштабе 1:10 000 000, Объяснительной записки к ней и Каталога главных активных разломов континентов. Работы предлагается завершить в 1991 г. Комиссия одобрила это предложение и поручила Советскому национальному комитету подготовить развернутую программу ра-

бот, согласованную с будущими участниками.

Второй проект, «Палеокарта», предложен Рабочей группе № 2В. Суть проекта состоит в следующем. Сейчас в мире существует 6 групп, которые на современном уровне (с применением компьютерной техники) занимаются восстановлением движения литосферных плит на протяжении фанерозоя и позднего докембрия. Две такие группы находятся в США (Чикаго и Техас), одна в Англии (Кембридж), одна во Франции и одна в СССР (Институт океанологии, Москва). За последние 10 лет каждая группа опубликовала серии реконструкций дрейфа континентов в течение фанерозоя (т. е. за последние 570 млн. лет). Эти реконструкции отчасти близки, но во многом все же отличаются друг от друга. Поэтому появилась необходимость в международной кооперации в попытке создания согласованных карт реконструкций. Такие карты будут основой для любых работ в области исторической и региональной геологии, тектоники, седиментологии, поисков месторождений нефти и газа, металлогении и т. д. Работа рассчитана на 5 лет. Результатом будет атлас, состоящий примерно из 50 карт для последних 600 млн. лет. При их составлении будут использованы данные по палеомагнетизму, кинематике движения плит, тектонике складчатых поясов и палеобиогеографии. Предполагается, что советские ученые примут участие во всех разделах работ.

Заканчивая обзор новой тектонической информации, представленной на XIX Генеральной ассамблее, мы вынуждены констатировать, что три важнейших достижения последних лет: сейсмическая томография мантии, новые данные о нижней части континентальной коры и успехи космической геодезии получены американскими, а также канадскими, западноевропейскими и японскими исследователями. Советская наука в этом отстает. Каковы причины? Одна из них — слабая аппаратурная база и недостаточная компьютеризация исследований. Это сказывается прежде всего на состоянии работ по сейсмической томографии и космической геодезии при высоком уровне и порою приоритетности советских теоретических и методических разработок. Например, те впечатляющие результаты, которые были доложены А. М. Дзевонским и его коллегами по строению мантии и рельефу поверхности ядра, оказались возможными благодаря использованию мировой сети телеметрических сейсмостанций и сложным расчетам на мощных ЭВМ. Мы практически не располагаем такой аппаратурой; известна и недостаточная компьютеризация наших геолого-геофизических исследований. Пока наше технологическое отставание не уменьшается, а возрастает. Из этого следует сделать

необходимые выводы.

Что касается отставания СССР в изучении нижней части земной коры, то здесь, как нам представляется, дело не только и, может быть, не столько в технике, сколько в подходе к проблеме. В ряде аспектов такого изучения мы не отстаем, а кое в чем даже превосходим зарубежных коллег. Вспомним детальные исследования строения коры методом МОВ (В. И. Шаров и др.), дислокационных свойств горных пород при высоких температурах и давлениях (Г. А. Соболев), минеральных и фазовых преобразований вещества. Вместе с тем наши исследования в этой области недостаточно комплексны, а интерпретации нередко однобоки. Виной тому отсутствие слаженной кооперации и недостаточная подготовка специалистов, слабо осведомленных о состоянии работ и возможностях смежных наук.