

## ПРОБЛЕМЫ "ЖИВОЙ" ТЕКТОНИКИ

Р.Ф.Черкасов

*Институт тектоники и геофизики ДВО РАН, г. Хабаровск*

Кратко рассмотрены актуальные проблемы неотектоники, тектоники и геодинамики, обсуждавшиеся на 29-м совещании Межведомственного тектонического комитета.

Это - впечатления и размышления участника 29-го совещания Межведомственного тектонического комитета (МТК), не претендующие на стандартную хроникальность. Совещание "Неотектоника и современная геодинамика континентов и океанов" состоялось 30 января - 1 февраля 1996 г. в Московском университете. Его открыл Председатель МТК Ю.Г.Леонов. Присутствовало порядка 100 человек. Почтили память членов МТК, ушедших от нас со времени предыдущей встречи (Г.С.Гнибиденко, П.Н.Кропоткин). Оглашено 30 докладов с трибуны и примерно столько же демонстрационным способом. Проводилась ежедневная дискуссия.

Темы сообщений весьма различны и связаны в основном с кайнозойскими процессами и структурами. Рассматривались регионы, суперрегионы, изредка вся планета, в основном же европейская часть бывшего Союза. Пересказывать доклады бесполезно да и нет необходимости: издан полновесный сборник материалов [3]. Попытаюсь выделить актуальные идеи и представления, сосредоточившись не столько на достижениях, сколько на проблемах, имеющих нередко общетектоническое значение.

## РАЗНОТОЛКИ О НЕОТЕКТОНИКЕ

Одни ограничивают ее предмет современным рельефом земной поверхности с коррелятными ему отложениями, а также процессами их образования (эту мысль наиболее четко выразил Г.Ф.Уфимцев). Другие определяют указанный предмет по характеру динамики тектонических процессов. Е.Е.Милановский считает, что неотектонический этап начался 10 млн лет назад, когда после штирийской складчатости интенсивное сжатие литосферы сменилось преобладающим ее растяжением (о чем свидетельствует наложение рифтов в Тихоокеанском складчатом поясе, активизация спрединга и т.д.).

Большинство исследователей находится между этими точками зрения и признает внешним проявлением неотектонического этапа современный рельеф. Однако существует с десяток вариантов его нижней возрастной границы - от мезозоя до антропогена. Чаще за нее принимают подошву олигоцена (В.Г.Трифонов, В.Е.Хаин и др.). Вероятно, эта граница является не

очень определенной, скользящей от региона к региону, что признают некоторые неотектонисты. Кроме того, в определениях неотектоники существует неясность относительно масштаба рельефа. Современный глобальный рельеф (океанические впадины и континентальные выступы) начал создаваться до кайнозоя, а региональный и особенно локальный рельеф того времени утрачен, во всяком случае, на континентах, где он не защищен от эрозии мощной толщей воды.

## ЗНАЧЕНИЕ НЕОТЕКТОНИКИ

Несмотря на указанную неоднозначность, значение неотектоники оценивается высоко, особенно при строительстве в городах, сооружении АЭС и т.д. С.С.Шульц-младший сообщил, что в 1961 г. предупреждал об активных разломах на территории Ленинграда. Но эта информация не была учтена при строительстве метро, в результате чего имели место аварии в 1967 г. и в 1995 г. Указывалось на экологическую опасность живых разломов, не только из-за сейсмичности, но и радиоактивности (радон), эманиций тяжелых металлов. В том же городе выявлена связь учащения заболеваний раком с активными разломами.

Но о фундаментальном значении неотектоники, особенно для реконструкции геологического прошлого, почти не упоминалось. Возможно, это связано с участвовавшей в последние десятилетия критикой принципа актуализма, вплоть до его полного отрицания. Последнее столь же нерационально, как и сведение проблемы реконструкций к этому принципу. Как и прежде, задача заключается в вычленении из тектонических движений сквозных процессов сохранения, проходивших через всю геологическую историю или ее главные стадии (это, прежде всего, циклы разного ранга, достоверная количественная иерархия которых в полном объеме еще не выявлена), и на этой основе выделение процессов изменения, искажающих указанные циклы вплоть до ацикличности, создающих неповторимость, являющуюся сутью тектонической эволюции. При таком подходе применим и принцип актуализма, и противоположный ему принцип изменения.

## НОВЫЙ ТИП ДИСЛОКАЦИЙ

Л.М.Расцветаев выделил содвиги - особый класс дизъюнктивов, противоположные крылья которых движутся навстречу друг другу поперек разделяющей их поверхности разрыва. То есть содвиги противоположны раздвигам. Это в подавляющем своем большинстве вязкие разрывы (в том числе зоны смятия, шовные зоны, тектонические сутуры и т.д.), сопровождающиеся расплощиванием и продольным течением масс, с которым связаны традиционные ошибки в диагнозе: в зависимости от преобладающего на данном участке направления течения их именовали сдвигами, взбросами, сбросами. Выжимание горных масс из содвиги может происходить в разных направлениях: вверх (в том числе с формированием "выжатых покровов"), вбок, вниз. Содвиги особенно характерны для осевых частей альпинотипных горно-складчатых сооружений континентов, где они на неотектоническом этапе заменяют субдукционно-поддвиговые структуры.

Н.В.Короновский, рассматривая современную геодинамику Кавказского сектора Альпийского пояса, отметил важную роль работ Л.М.Расцветаева: при изучении Кавказа он везде выделял содвиги. Это встречалось поначалу с недоверием, но позднее подтверждалось. Содвиги определяют структуру Кавказского региона. Ныне этот исследователь впал в крайность: теперь у него нет сдвигов, есть содвиги.

## ПУЛЬСАЦИИ ЗЕМЛИ

По Е.Е.Милановскому, фазы некоторого общего расширения Земли, т.е. усиления рифтинга и спрединга, сопровождавшиеся активизацией базальтового вулканизма и тектоноэвстатическим повышением уровня океана (а неотектонический этап - яркий пример такой фазы), чередуются с фазами некоторого общего сжатия Земли, проявляющегося в фазах складчатости, чему сопутствовало ослабление базальтового вулканизма и падение уровня океанов.

Докладчик сослался на последнюю статью [1], в которой помимо обоснования вышеуказанного положения устанавливается синхронность фаз складчатости с периодами учащения геомагнитных инверсий, а фаз расширения - с периодами разрежения или отсутствия последних. Поскольку магнитные инверсии порождаются ядром Земли, то корреляция с ними может иметь решающее значение как для выяснения причины тектонической пульсации (изменение объема ядра - главного генератора энергии Земли), так и для обоснования глобальности фаз складчатости. Как известно, последнее положение, провозглашенное Г.Штилле, на протяжении 70 лет неоднократно подвергалось сомнению или отрицалось.

## РИФТЫ И ГРАНИЦА ЛИТОСФЕРНЫХ ПЛИТ

В плитотектонической концепции изначально выделялись современные, смещенные друг относительно друга Евразийская и Северо-Американские плиты. Однако достоверной межплитной границы на значительном протяжении между юго-восточным замыканием срединноокеанического хребта (СОХ) Гаккеля и западным окончанием Алеутского желоба - не обнаруживалось. Граница проводилась: по суше - диагонально (по отношению к меридиану) через Верхоянье, Колыму, Камчатку; по суше и морю - субмеридионально до центральной части Японии и затем диагонально по глубоководному желобу; целиком по морю. Кроме того, граница не показывалась и называлась неопределенной, например, в энциклопедии плитотектоники [4, стр.15, по В.Гамильтону].

Проблема границы, удовлетворяющей плитотектоническому критерию (т.е. узкая сейсмоактивная зона), по-прежнему актуальна. В докладе Н.А. Богданова, В.Е.Хаина и Э.В.Шепилова предложена новая версия границы. Она проведена по шельфу и соединяет Арктические рифты (расположенные в срединной части Гиперборейской платформы) с Берингскими рифтами в западной части одноименного моря. При этом по трансформному разлому, проходящему через залив Креста, отсекается восточная оконечность Чукотки. Данных о землетрясениях нет (что объясняется отсутствием местных сейсмостанций и редкой населенностью, а также коровым типом землетрясений), но огромное количество оползней в рифтовой зоне указывает на сейсмичность.

Такой подход удовлетворил не всех, тем более, что оползни - неоднозначный критерий распознавания сейсмичности (оползни образуются и вне сейсмических зон). По Н.И.Корчугановой, межплитная граница проходит по Момскому рифту, но не имеет структурного продолжения к северо-западу и юго-востоку. К тому же, рифт не совмещается с узкой сейсмической зоной. Поэтому А.И.Кожурин предположил, что межплитной границей является не узкая полоса выхода сейсмофокальных зон на поверхность, а широкий пояс, включающий горную систему хребтов Черского и Момского. Но в таком случае критерий распознавания межплитных границ становится неопределенным.

## РАВНИНЫ (ПЛАТФОРМЫ И ВНУТРИПЛИТНЫЕ ОБЛАСТИ)

С.Л.Юнга (в соавторстве с А.Ф.Грачевым, В.А.Магницким и Ш.А.Мухамедовым) рассмотрел труднообъяснимую сейсмичность платформ. На окраинах Восточно-Европейской платформы магнитуда землетрясений достигает 5,5-6, а на

Северо-Американской платформе превысила 6 (Нью-Мадридское землетрясение). В то же время, в литературе не удается обнаружить хорошо закартированные палеосейсмические дислокации платформ (вероятно, из-за недооценки проблемы).

Г.Ф.Макаренко подчеркнула: на основе данных сейсмотомографии устанавливается, что под платформами астеносфера незначительная, по существу - это астенолинзы на глубине 400-450 км (а под Восточно-Европейской платформой - 650 км). Поэтому плавать континентам не на чем.

5 типов эндогенной внутриплитной активности (магматизм, сейсмичность, гидротермы и т.д.) в океанах проанализировал Е.Г.Мирлин совместно с В.М.Юбко. Примечателен интенсивный трещинный базальтовый магматизм, отличный по составу от базальтов СОХ и плюмов. Для его реализации необходимо допускать длительное существование магматических очагов в океанах. Но проявление этого и других типов активности не затушевывает линейные магнитные аномалии. Это пока не удается объяснить.

### ХРЕБТЫ

М.Г.Леонов развил представления С.Кэри и Л.Кинга о реидной тектонике. Главный механизм неотектонического формирования горных сооружений - это перераспределение вещества на разных глубинных уровнях земной коры: нагнетание пластичных масс в поднятия с оттоком их из-под впадин.

В осевой части Атлантического СОХ современные вулканы часто отсутствуют, а вместо них на поверхность дна выведены глубинные ультрабазиты. Понятие спрединга теряет однозначность. Поэтому, по словам Ю.Н.Разницына, утверждение, что возраст линейных магнитных аномалий на 90% подтвержден бурением, ныне многие исследователи подвергают сомнению.

### ПРОГНОЗИРУЕМОСТЬ СОВРЕМЕННЫХ ДВИЖЕНИЙ

Эту проблему наглядно обрисовал Д.А.Лиленберг на примере Каспия, имеющего важное социальное и хозяйственное значение. Закономерности колебания уровня этого моря, несмотря на долгую историю его наблюдения человеком, изучены недостаточно, что влечет за собой неподтверждаемость долгосрочных прогнозов. Поэтому ныне климатологи и специалисты по геодинатике делают прогнозы только на 1 год.

Опускание Каспийской впадины связано с воздыманием Транскавказской меридиональной зоны и сопровождается эндогенной активностью (сейсмичность, грязевой вулканизм и т.д.). Поэтому традиционная климатическая модель колебания уровня Каспия нуждается в замене на тектоно-кли-

матическую. Значительные надежды возлагаются на реализацию проекта создания Каспийского полигона с мониторингом. Следует отметить, что мониторинг крайне важен для краткосрочного предсказания, а надежность долгосрочных прогнозов может обеспечить лишь знание закономерностей и иерархии циклов нескольких рангов.

### ТЕКТОНИЧЕСКИЕ НАПРЯЖЕНИЯ

Наибольшие различия во взглядах вызывает глобальное поле напряжений. Как известно, по П.Н.Кропоткину, в земной коре доминирует (95% поверхности) горизонтальное сжатие. По Е.Е.Милановскому, кора находится в состоянии относительного растяжения. В.Г.Трифонов считает, что на континентах она горизонтально сжата (господствуют взбросы), а в океанах - растянута. Ю.Н.Разницын полагает наоборот: в океанах господствует сжатие (ибо судя по механизмам землетрясений преобладают взбросы и сдвиги) и только локально, в осевых зонах СОХ, - растяжение.

Автор попытался выяснить напряженное состояние коро-мантийной оболочке. Из почти полного зеркального соответствия рельефа Земли и подошвы мантии вытекает, что форма океанических блоков относительно континентальных - двояковонутая, а последних - двояковыпуклая. Судя по форме, океанические блоки сжаты по вертикали и растянуты по латерали, а континентальные - наоборот. То есть океанические блоки вдаются в континентальные и, следовательно, межблоковые границы в верхней части должны погружаться под континенты, что подтверждается на активных континентальных окраинах по сейсмофокальным зонам, наклон которых с глубиной возрастает. Из латеральной растянутости океанических блоков следует их более высокая проницаемость, что доказывается высоким стоянием и большой мощностью астеносферы под океанами и низким стоянием и маломощностью - под континентами. Эта интегральная динамическая характеристика охватывает, по меньшей мере, вторую половину кайнозоя. На нее накладываются напряжения, вызванные пульсациями ядра. Кроме того, она относится к супероболочке в целом и напрямую неприменима к ее элементам, в первую очередь к наиболее разнородной коре и литосфере. Они делятся на горизонтальные, наклонные и вертикальные зоны с разными свойствами. В частности, в верхах коры в качестве следствия из закона Терцаги выделены 3 горизонтальные зоны с разными реологическими свойствами (тезисы неоглашенного доклада С.Н.Иванова и К.С.Иванова).

Поле напряжений имеет сложный, "смешанный" характер. Поэтому вычленение локальной, региональной и глобальной составляющих поля - одна из скрытых проблем (например, по сообщению

С.Ф.Скобелева, горизонтальное сжатие Приполярного Урала в 20 раз превышает вертикальное, что приводит к разрушению стенок карьеров, вышек, нефтепроводов; вероятно, здесь доминирует локальная составляющая). На совещании отмечена лишь необходимость выделения рангов полей напряжений (Л.А.Сим).

### НЕЛИНЕЙНОСТЬ И ГЕОДИНАМИКА

В последние годы формируется новое научное направление - нелинейная геодинамика (с тектоникой), идейным вдохновителем которого выступает Ю.М.Пушаровский (под его руководством проведено 2 междисциплинарных семинара [2]). Это естественный процесс развития науки: вначале постигаются простые (линейные) явления, затем появляются разделы, изучающие сложные зависимости, когда нелинейные эффекты невозможно свести к линейным (линеаризовать) без потери важнейшей информации.

Ю.К.Шукин посвятил свое сообщение нелинейности геологической среды и глубинных тектонических процессов. Необходимость такого подхода он мотивировал выявившимися резкими противоречиями между прогнозами и реальной геологической средой, весьма частыми несоответствиями геофизических (в первую очередь, скоростных) параметров и геологических объектов, расположенных на разных глубинах, наличием в коре и верхах мантии наряду с геологическими (структурно-вещественными) границами отчетливых разделов, отражающих, скорее всего, геодинамическое состояние среды (динамические границы). Доклад привлек к себе повышенное внимание и вызвал ряд вопросов, которые можно свести к одному: "А что такое нелинейность?" Ответ (нелинейное - то, что отклоняется от нормального закона распределения) не удовлетворил всех слушателей, даже последовала реплика "нелинейность - это модное слово".

На мой взгляд, невосприимчивость многих геологов к новому подходу вызвана традиционным пониманием линейности и нелинейности в разных разделах геологии (минеральная и т.д. линейность, линеаменты, криволинейные и кольцевые разломы, линейные складки и др.). Причем не всегда это представление однозначно и непротиворечиво. Например, отличительным признаком линейных складок является их большая протяженность (по сравнению с брахискладками), а не прямолинейность их осей. Обобщенно линейность и нелинейность, отраженную в геологических словарях, можно охарактеризовать как структурно-морфологическую. Это самый простой и наглядный их вид. Но сейчас становится актуальным познание нелинейности явлений и процессов. В работах по нелинейной геодинамике понятие нелинейности не определяется, а обычно указывается, со ссылкой на неравновесную

термодинамику и синергетику, что ее существенным признаком является неупорядоченность. Все же это частное понимание нелинейности, хотя и важное, ибо любая эволюция, в том числе тектоническая, принципиально нелинейна в силу своей неповторимости (а неповторимость - одно из проявлений хаоса). Но не всякая нелинейность ведет к неупорядоченности. Например, из нелинейности закона всемирного тяготения не следует, что он вызывает хаос. Скорее, наоборот.

Понятие линейности и нелинейности впервые появилось в математике. Оно имеет наиболее широкий смысл и точное определение. Линейность (или линейная функция) - зависимость, графически отражаемая прямой линией (в декартовой системе координат). И, соответственно, нелинейность (нелинейная функция) - зависимость, график которой не является прямой линией.

### ЧТО ПОДТВЕРЖДАЕТ ГЕОДЕЗИЧЕСКИЙ ПОДХОД-ФИКСИЗМ ИЛИ МОБИЛИЗМ?

Наиболее критическим был доклад геодезиста М.М.Машимова. Он признал неудачи геодезии в определении расстояний между континентами: в 20-х годах неверные определения запутали А.Вегенера, который считал, что Гренландия сближается с Европой со скоростью 10-32 м в год. В 50-е годы одни результаты указывали на сближение Америки и Европы со скоростью 40 см в год, другие - на удаление с такой же скоростью. 60-90-е годы - становление космической геодезии. На основе ее данных тектонисты считают, что расстояния между континентами меняются на несколько сантиметров в год, не учитывая изменение формы геоида и многих других параметров. Собственные движения обсерваторий, данные которых используются для вывода о дрейфе континентов или плит, превышают указанные смещения. Дело в том, что исходя из тектонических концепций, в геодезические данные за рубежом вносятся поправки.

Глобальная геодезия не подтверждает ни фиксистские, ни мобилистские построения. По М.М.Машимову, ситуация сложнее, ибо в последнее десятилетие параметры Земли менялись следующим образом: радиус уменьшался на 1 см в год; центр масс смещался ежегодно на 2 см, что должно было вызывать перемещение масс; полярное сжатие внушительно уменьшалась, что отражалось на форме геоида; уменьшалась скорость вращения Земли; уменьшались все моменты инерции (что указывает на дифференциацию вещества); изменялись еще 3 важных параметра. К сожалению, даже дорогостоящие международные проекты, такие как "Лазерная локация спутников" и "Длиннобазисная радиоинтерферометрия", выполняются без выяснения вышеназванных 8 параметров, ибо у руля стоят негеодезисты. Поэтому их результаты малополезны.

Собственный вывод докладчика (Земля уменьшается в размерах, т.е. сжимается) уязвим без

указания, что он относится только к периоду наблюдения - последнему десятилетию существования Земли. Экстраполяция современных замеров в глубь геологической истории на десятки и сотни миллионов лет - распространенная погрешность, ибо при этом игнорируется геологическая и негеологическая цикличность многих рангов. Например, с изобретением компаса человек считал, что северный конец его стрелки всегда показывает на север. Наблюдения магнитных обсерваторий, начиная с 1829 г., позволили уточнить ориентировку этой стрелки. Но из гигантской совокупности магнитологических наблюдений никак не следует, что 1-1,5 млн лет назад северный конец стрелки компаса показывал бы на юг. Этот вывод явился важнейшим результатом палеомагнитных реконструкций, приведших к открытию инверсий геомагнитного поля.

М.Т.Прилепин, огласивший коллективный доклад по спутниковым технологиям, отметил, что не все так печально, как изложил М.М. Машимов. В последнее десятилетие "Спутниковая система глобального определения местоположения" стала основным средством изучения геокинематики, существенно дополняя данные, полученные методами лазерной локации спутников и длиннобазисной радиоинтерферометрии.

С.Н.Устинов указал на недостаток геодезических инструкций, которые способствуют фальсификации данных даже на геодинимических поли-

гонах: на Душанбинском полигоне мы установили большие движения, а у геодезистов получилась невязка 42 мм. Их заставили в соответствии с инструкцией устранить невязку, свести ее к нулю (ибо не допускается, что невязка может быть вызвана не только ошибками измерений, но и тектоническими движениями, происшедшими в период проведения наблюдений). И тут грянуло землетрясение.

В заключение Почетный председатель МТК Ю.М.Пушаровский и Ю.Г.Леонов подчеркнули, что в океанах неотектоника почти не изучена. Н.И.Николаев - патриарх неотектоники, создатель первой лаборатории и первой неотектонической карты мира - отметил: проблемы неотектоники переходят в XXI век. И надежда на молодых, которые не только бы владели компьютером, математикой, физикой, но и любили бы науку не меньше, чем мы.

По словам Ученого секретаря МТК Ю.В. Карякина, тема следующего, юбилейного совещания - "Тектоника Евразии".

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Милановский Е.Е. Пульсации Земли//Геотектоника. 1995. N 5. С.3-24.
2. Нелинейная геодинамика/ Отв. ред. Ю.М.Пушаровский. М.: Наука, 1994. 191 с.
3. Неотектоника и современная геодинамика континентов и океанов: программа и тезисы. М., 1996. 169 с.
4. Структурная геология и тектоника плит. М.: Мир, 1991. Т.3. 320 с.

*Поступила в редакцию 8 мая 1996г.*

**R. F. Cherkasov**

#### Problems of "live" tectonics

Topical problems of neotectonics, tectonics and geodynamics, which were discussed at the 29th Meeting of the Interdepartmental Tectonic Committee, are briefly considered.