

тых блоков земной коры второго порядка, испытавших в неотектонический этап развития разнонаправленные движения, приведшие их к разному гипсометрическому положению" [12].

Указанные трудности и связанные с ними неопределенности значительно возрастают по мере уменьшения размеров изучаемых территорий, увеличения масштаба картирования и ослабления эффекта генерализации. В результате выявление и понимание реальных неотектонических структур, механизмов и тенденций их развития для малых территорий особенно трудны. А именно такие территории представляют наибольший практический интерес, что связано с проектированием, строительством и обеспечением безопасной эксплуатации размещаемых на платформах различных инженерных сооружений особой ответственности (объекты ядерной энергетики, ГЭС, захоронения отходов ядерной и химической промышленности, нефте- и газопроводы и т.д.). Это связано с проблемами больших городов, экологическими и другими проблемами.

Требования к обоснованию безопасности и экологической надежности мест расположения этих объектов и населенных пунктов стали весьма жесткими и все больше ужесточаются. Это заставляет искать и принимать во внимание все проявления малых деформаций и оценивать их современную активность. Отчасти это обстоятельство, отчасти общий рост объема геолого-геофизических знаний о платформенных территориях привели к значительным изменениям представлений об их тектонике. Все более утверждается мнение о значительной тектонической активности платформ, которое возвращает нас к выводам А.П.Карпинского 1883, 1894, 1904 и 1919 гг.

При этом проявилась тенденция к очевидному преувеличению степени этой активности, количества и роли разрывных нарушений, сейсмичности и других ее проявлений. Возросла острота и необходимость решения многих спорных проблем и вопросов, касающихся новейшей тектоники платформенных территорий. Среди них определение реальных форм тектонических дислокаций, проблема разломов, глубина заложения и соотношение разноглубинных и разноранговых тектонических форм, соотношение новейших и древних тектонических структур, геодинамические условия и механизмы развития тектонических структур, соотношение экзогенных процессов и форм рельефа с тектоническими деформациями земной коры. Видение этих проблем и вопросов отражено ниже на примере новейшей тектоники главным образом Восточно-Европейской платформы и с позиций необходимости решения научно-прикладных задач.

Новейшие структурные формы. Правильное определение геометрии тектонических форм или морфологии новейших деформаций земной коры на разных ее уровнях является проблемой первостепенной важности, так как эти формы уже сами по себе или в своей совокупности, как известно, несут генетическую информацию.

Прежде всего необходимо подчеркнуть, что на платформах мы имеем дело с изометричными, овальными и, реже, линейными поднятиями и опусканиями, характерные размеры которых в поперечнике изменяются от первых до многих десятков километров. При этом единичные (частные) относительно поднятые и опущенные формы, закономерно сочленяясь друг с другом, нередко образуют протяженные (линейные) сопряженные зоны соответственно поднятий и прогибов. При таких размерах оценка неотектонической позиции и других связанных с этим особенностей малых площадей неизбежно требует изучения значительно больших территорий, по существу, регионального анализа.

Вышеприведенный вывод о новейших тектонических структурах платформ как о системах разнопорядковых и различно поднятых (опущенных) блоков земной коры представляется ошибочным. Необходимо, очевидно, согласиться с С.С.Шульцем, который последовательно развивал точку зрения о том, что в большинстве своем платформенные структурные формы (и новейшие, в том числе) связаны с эпейрогеническими длительно и направленно развивающимися короблениями земной коры и, по существу, являются конседиментационными и кондендационными складками основания. Об этом же свидетельствует давно уже принятая специальным совещанием морфологическая классификация платформенных структур, в которой дизъюнктивные формы занимают очень малое место [14]. Это представление обосновано Б.Н.Можаяевым [11] для обширной территории северо-запада Русской равнины, И.Н.Рыжовым [15] для Европейского Севера России, И.П.Варламовым и др. [13] для сибирских областей.

© В.И.Макаров, 1997

В.И.Макаров (Институт экологии РАН)

НЕКОТОРЫЕ ПРОБЛЕМЫ ИЗУЧЕНИЯ НОВЕЙШЕЙ ТЕКТониКИ ПЛАТФОРМЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Особенностям проявления новейшей тектоники в пределах платформ и методам ее изучения посвящено большое количество публикаций. В их числе отметим прежде всего известные монографические и картографические обобщения Н.И.Николаева и С.С.Шульца (1959,1960), Н.И.Николаева (1962,1988), С.С.Шульца (1979), Н.И.Николаева, А.А.Наймарка (1979), Н.И.Николаева и др. (1984), а также работы Ю.А.Мещерякова (1965), Б.Н.Можаяева (1973), Л.П.Полкановой (1978), И.П.Варламова и др. (1981,1985), В.И.Бабака (1984), В.Г.Трифоновой с соавторами (1987), И.Н.Рыжова (1988), С.А.Несмеянова и др. (1995). Этот перечень далеко не исчерпывает богатого опыта изучения новейшей тектоники всего многообразия платформенных областей.

Опыт свидетельствует, что выявление новейших тектонических структур, оценка и прогноз их современной активности, геодинамических условий развития и природы новейших и современных движений и деформаций земной коры в пределах континентальных платформенных территорий, их сейсмичности представляли и представляют большие трудности. Главная причина состоит в том, что амплитуды даже суммарных новейших и, тем более, четвертичных и современных движений в пределах таких территорий обычно ничтожно малы. Также малы градиенты изменений этих амплитуд, скоростей движений и других характеристик геологического разреза и форм рельефа, которые отражают новейшие деформации земной коры.

При таких особенностях развитие тектонических форм в рельефе или деформации земной поверхности в значительной степени, если не полностью, компенсируется и затушевывается экзогенными процессами и формами. Во всяком случае, новейшие тектонические формы на платформах далеко не столь очевидны, как в горных областях. И если картографические изображения и интерпретации новейших структур последних не всегда однозначны, то для платформенных областей это тем более усугубляется.

Именно поэтому карты новейшей тектоники платформенных областей и районов, составленные разными авторами не только в разное, но нередко в одно и то же время, весьма противоречивы, а мозаичные неупорядоченные структурные рисунки и очевидный примат вертикальной составляющей новейших тектонических движений в их изображении, морфокинематических и геодинамических интерпретациях стали привычными. В результате сложилось весьма широко распространенное представление, что "древние и молодые платформы представляют крупные участки - блоки, в свою очередь состоящие из обособленных, в разной степени приподня-

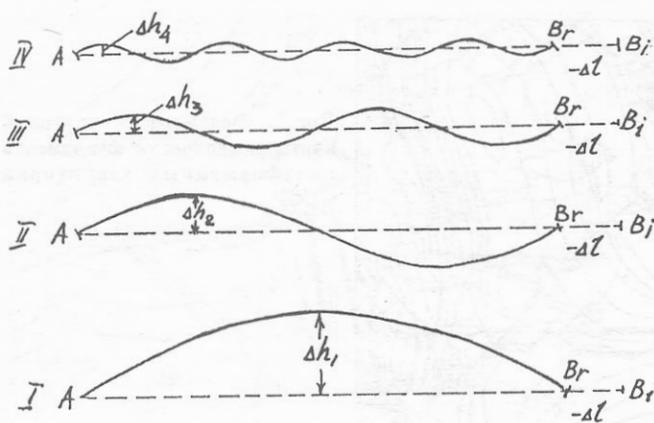


Рис. 1. Зависимость высоты (топографического эффекта) $\pm \Delta h$ складок основания от их частоты (ширины) при одном и том же сокращении $-\Delta l$ земной коры от AB_i до AB_r

Действительно, мы имеем дело с преимущественно очень пологими изгибами больших или меньших толщ земной коры и ее поверхности, которые характеризуются уклонами всего лишь в первые минуты. Но большие размеры изгибов даже при такой ничтожно малой кривизне дают заметный топографический эффект. На рис. 1 показана зависимость высоты складок или их топографического эффекта от ширины*.

Многие неотектонические, геоморфолого-неотектонические и структурно-геоморфологические карты и схемы платформенных территорий создают впечатление о неравномерности развития поднятий и опусканий. Первые изображаются в виде более или менее обширных площадей, вторые - в виде сравнительно узких зон, разделяющих первые. Отсюда достаточно естественна интерпретация первых как некоторых блоков, а вторых как зон разломов, шовных зон и, в лучшем случае (более осторожно), блоко-разделов.

Но это впечатление представляется, если не всегда, то во многих случаях иллюзией. Она связана с тем, что отрицательные тектонические формы, которые чаще всего маркируются речными долинами, последними и ограничиваются, тогда как поднятия, не имея столь жесткого маркера, предстают в виде значительно более обширных водораздельных пространств. В пределах тектонически активных горно-складчатых и рифтовых областей соотношение тектонических форм и форм рельефа проявлено достаточно отчетливо, на платформах же - требует тщательного анализа. Во всяком случае, это достаточно актуальный методический вопрос с принципиальными последствиями.

С этим связано другое очень распространенное, но, очевидно, еще недостаточно или, по крайней мере, далеко не повсеместно обоснованное представление о преобладании в фундаменте платформ хрупких сколовых деформаций блоковых его подвижек и пластических деформаций в чехле. Реальность такого рода соотношений не вызывает сомнений и во многих местах доказана. Однако сводить деформации фундамента к движению блоков также представляется невозможным. Широко распространены и, кажется, не подвергаются сомнению изгибы фундамента большого радиуса кривизны, которым отвечают своды, валы и другие подобные формы разных, но преимущественно крупных размеров. Анализ имеющихся данных и специальные исследования, выполняемые М.Г. Леоновым [5, 6], показывают, что кристаллический фундамент платформ, даже наиболее консолидированных, древних в определенных условиях может приобретать внутреннюю объемную подвижность и способность к пластическим деформациям и тектоничес-

кому течению. Это обеспечивает высокую реакцию фундамента на внешние напряжения и формирование в нем куполообразных структур, в том числе, сравнительно небольших размеров.

Таким образом, роль пликативных и дизъюнктивных форм в новейших структурах платформенных территорий является актуальной проблемой, нуждающейся в дальнейшем изучении.

Разломы. В прямой связи с выше сказанным находится проблема разломов в новейшей тектонике платформ. Им традиционно уделяется особое внимание и придается, не будет преувеличением сказать, чрезмерное или, может быть, точнее, несоразмерное значение. Они часто рассматриваются как первостепенные элементы структуры, хотя являются лишь деталью в непрерывном целом.

Те многочисленные новейшие и современные (активные) "разломы", которые изображаются на различных картах платформенных территорий, как правило, требуют специального рассмотрения и аргументации. Во множестве случаев они таковыми, по-видимому, не являются, если иметь в виду дислокации с разрывом сплошности. В лучшем случае, они отражают формы погребенного фундамента и/или зоны повышенной трещиноватости. Но чаще всего и лучше всего они отвечают системам планетарной трещиноватости, которая, как показал С.С. Шульц и многие другие исследователи, представляет самостоятельное и повсеместно распространенное явление, одинаково свойственное и платформам, и орогенам. Очевидная упорядоченность образуемого ими рисунка достаточно хорошо отличается от систем тектонических разрывов.

Тектонические ступени или некоторые высокоградиентные зоны поверхности кристаллического основания платформ в осадочном чехле, как правило, затушаются, сменяясь флексурами и другими рассеянными проявлениями деформаций. Обычно незначительные амплитуды последних, зафиксированные в осадочном чехле, относятся к длительной эволюции платформенных структур, новейший этап которой составляет очень малую часть. Соответственно должен оцениваться его вклад в амплитуду наблюдаемых суммарных нарушений.

Например, северный уступ субширотного Московского рифейского авлакогена, амплитуда которого по поверхности основания достигает 1,5-2,5 км (рис. 2), в кровле девона, залегающей здесь на глубинах около -1 км, отражен флексурой амплитудой всего лишь 50-100 м. К тому же эта величина относится к полосе шириной 10-35 км, т.е. уклон флексуры по этой поверхности составляет всего 0,003-0,005 (или 10-20'). Таким образом, о разломе в чехле как таковом здесь вряд ли можно говорить (даже если отнести эти характеристики только к новейшему тектоническому этапу или даже к четвертичному периоду, что заведомо не так).

Вместе с тем имеется достаточно оснований предполагать новейшую, четвертичную и современную тектоническую активность, большую протяженность и принципиальную структурно-геодинамическую значимость субширотной зоны, которой принадлежит эта флексура. Это - зона сопряжения Московско-Дмитровско-Ветлужского обширного вала с Верхне-Московско-Клязьминско-Марийским прогибом (рис. 3), которую можно определить как региональную полосу структурно-динамических несогласий и повышенной напряженности земной коры [9].

Несмотря на столь сильные определения, не будем, однако, забывать, что все они имеют платформенное количественное выражение и именно так должны рассматриваться. Московская разрывно-флексурная зона в новейшей структуре может рассматриваться лишь как зона относительно повышенных градиентов изменения свойств геологической среды и рельефа и, возможно, повышенной тектонической трещиноватости. Последняя, исходя из региональных структурно-динамических закономерностей [9], может быть представлена преимущественно сколовыми трещинами, которые развиваются в условиях косоугольного субгоризонтального сжатия. При этом речь должна идти не о взбросо-сдвиге как таковом, а о зоне взбросо-сдвиговых напряжений и трещиноватости. С точки зрения практического использования территории разница представляется достаточно очевидной и принципиальной.

Приведенный пример иллюстрирует случай унаследованного развития тектонической формы. Однако это возможная, но далеко не обязательная ситуация. Восточно-Европейская платформа демонстрирует широкое проявление изменений структурно-динамического плана в ходе ее эволюции, на что впервые в 1894 г. и достаточно однозначно обратил внимание А.П. Карпинский. В качестве яркого примера приведем Московскую синеклизу. Новейший

* Расчеты, выполненные автором для Тянь-Шаня, показали, что при сравнительно небольшом субмеридиональном сокращении коры этой области ($-D_1$), не превышающем 10%, и малой кривизне возникших при этом складок основания (наклоны их крыльев изменяются обычно от нескольких до 15-20° градусов) их большая ширина обеспечила многокилометровый размах складок и высокогорный рельеф Тянь-Шаня.

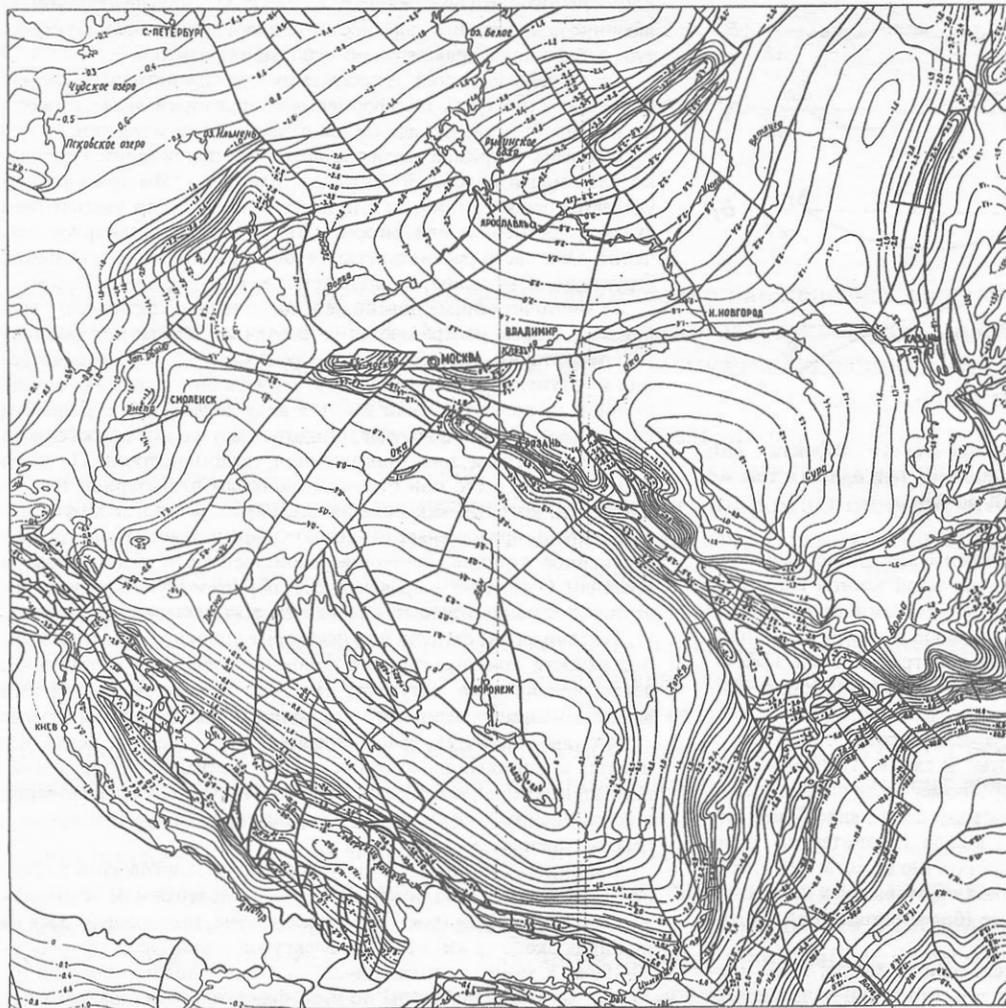


Рис.2. Фрагмент структурной карты поверхности фундамента платформенных территорий СССР

структурный план этой территории (см.рис.3) совершенно не соответствует обширной палеозойской впадине и в деформациях глубоко опущенного (до -4 км) кристаллического основания (см.рис.2) практически не отражен. Причина этого - очень малые амплитуды и несоизмерность новейших тектонических движений относительно суммарных палеозой-мезозойских амплитуд, исчисляемых первыми километрами. В этой ситуации проявление малоамплитудных разломов, установленных по смещению поверхности фундамента [16], в новейшей структуре и особенно в приповерхностных слоях еще более проблематично. Частичное же совпадение простирающихся довольно условных контуров или отдельных элементов новейших структурных форм с разломами фундамента не является определенным свидетельством новейшей активности этих разломов.

Аналогичную картину мы видим в пределах древних платформенных поднятий. Например, новейшие контуры поднятия Воронежской антеклизы (см.рис.4) существенно отличаются от его овала по поверхности кристаллического фундамента (см.рис.2). Восточная часть последнего в новейшей структуре существенно сужена и снижена в результате активного развития Окско-Донского прогиба и других наложенных субмеридиональных форм, которые в целом продолжают на север молодые транскавказские поперечные структуры. Здесь также очевидно несоответствие разрывных нарушений, выделенных в фундаменте (см.рис.2), новейшему структурному плану (см.рис.3). К последнему относятся очень протяженные субмеридиональные зоны макротрещиноватости, которые очень ярко проявлены в рельефе (прежде всего в устойчивом рисунке эрозионной сети) и служат характерным отличием всего обширного понижения между Воронежским и Токмовским поднятиями.

Определенно унаследованным элементом этой области является лишь Окско-Цнинский вал. Однако и для него разрывной (в полном смысле этого термина) характер границ, несмотря на яркость геоморфологического выражения обрамляющих его линеа-

ментов, весьма сомнителен. Даже по поверхности фундамента, залегающего здесь на глубинах около -1,4 км, разлом, предполагаемый только по западному краю вала, обозначен с чисто символической амплитудой в первые десятки метров (см.рис.2). В противном же комплексе мы имеем дело с асимметричным длительно развивающимся пологим антиклинальным изгибом типа конседиментационной (для палеозоя) и конденсационной (для более позднего времени) складки основания, в развитии которой разрывные смещения могут играть ничтожно малую роль и фактически не зафиксированы.

Рассмотрим с этой же позиции известный Пачелмский авлакоген, или Рязано-Саратовский прогиб. Он прослеживается в докембрийском фундаменте и палеозойском чехле платформы на расстоянии около 800 км в ЗС направлении от Саратовского Поволжья через район Рязани и замыкается в 125 км от последней и в 80-90 км южнее Москвы. Этот прогиб и представляет яркий рифейский, тектонический трог шириной до 30-50 км, в котором кристаллический фундамент опущен до -4 км и глубже, а его плечи находятся на глубинах -1,2 ... -1,3 км (см.рис.2). Этот трог "запечатан" отложениями более широкого палеозойского прогиба, и оба они практически никак не проявлены в новейшей тектонической структуре и рельефе. Лишь в районе Рязани на расстоянии около 150 км с зоной северо-восточного разломного ограничения авлакогена пространственно совпадает участок Москворецко-Рязанского линеамента (см.рис.3). Последний интерпретируется как новейшая тектоническая зона и геоморфологическая ступень, разделяющие впадину Мещерской низменности и северо-восточный край Воронежского свода, который включает и сам авлакоген.

В целом район новейшего Окско-Донского и древнего (рифей-палеозойского) Рязано-Саратовского прогибов представляет собой яркий пример значительной переработки древних структур

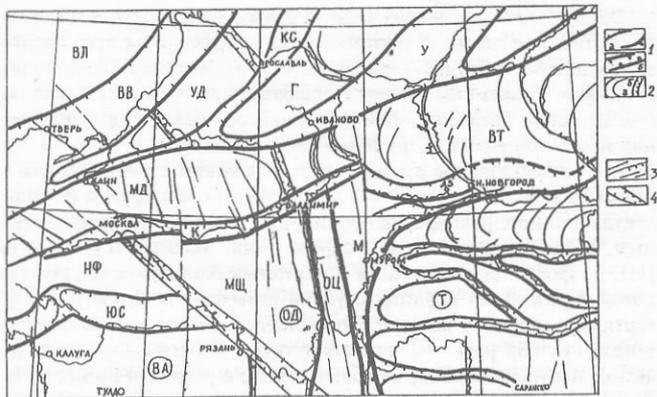


Рис.3. Структурно-геоморфологический план Московско-Нижегородского региона Русской плиты: 1 - обобщенные контуры зон эрозионно-тектонических поднятий (а) и опусканий (б); 2 - характерные контуры рельефа - структурные линии развивающихся тектонических поднятий (а), в том числе, антецедентные участки речных долин (б); 3 - линеаменты; 4 - Москворецко-Рязанская линеаментная зона

новейшими тектоническими движениями с формированием существенно дискордантного структурного плана, в котором древние разломы фундамента не получают сколько-нибудь заметного развития. Новообразованные же разрывные нарушения, вероятность возникновения которых, по-видимому, нельзя отрицать, из-за крайней малости амплитуд смещений и относительной кратковременности развития на фоне весьма контрастной суммарной структуры поверхности основания и тем более в осадочном чехле практически не видны. Есть основания лишь предполагать, что эти нарушения представлены зонами повышенной трещиноватости и пронизаемости и линеаментами, которые здесь проявлены весьма ярко в закономерных особенностях эрозионного расчленения и других форм рельефа.

Рассмотренная выше ситуация с резким несогласием разновозрастных структурных планов позволяет предполагать здесь относительно повышенный уровень новейших и современных тектонических напряжений и сложное их распределение в разных слоях геологического разреза. И в этом отношении состояние недр в районе Москвы, где древний и новейший структурные планы более согласованы, представляется менее напряженным, чем в районе Рязани и на других участках вдоль Пачелмского авлакогена. В связи с этим уместно напомнить другой принципиально важный вывод А.П. Карпинского (1894 г.) относительно условий образования частных нарушений, осложняющих пологие изгибы платформы. Он писал, что разломы "часто образуются при понижении в направлении, поперечном к более ранней изогнутости, представляющей для перегиба несравненно большее сопротивление, чем толщи горизонтальные или изогнутые в том же направлении" [18].

Из приведенных выше фактов и рассуждений вовсе не следует отрицание новейших разрывных нарушений на платформе. Речь идет лишь о том, чтобы воспринимать эти нарушения в их реальном масштабе и в реальном соотношении со складчатыми коробочками или изгибами земной коры. На это обстоятельство в свое время обратил особое внимание Э.Арган [1], который писал: "... попробуйте воспроизвести все эти складки и вертикальные разломы в их действительных пропорциях, без преувеличения вертикального масштаба, и вы увидите, что перемещение вдоль самого большого сброса падает до уровня незначительных подробностей в огромных широко изогнутых структурах. Разве не доказывается уже сейчас, что эта последняя деформация (складки основания - В.М.), охватившая весь объем массы, а не мелкая в конце концов трещиноватость, играет главную роль; что вторая (разрывы - В.М.) поглощает гораздо меньше энергии, нежели первая, и может оказаться результатом действия деталей основных сил. Это впечатление особенно усиливается, когда мы допустим, что изгибание и трещиноватость - современники". Это написано по поводу горообразующих складок основания и еще более справедливо для платформенных структур.

На этом приходится заострять внимание по той причине, что в последние годы в литературе, особенно в популярных изданиях, разломам на платформах придается явно гипертрафированное значение в попытках через их посредство объяснять многие и очень многие геологические, геоморфологические и другие особенности и явления, в том числе экологически значимые особенности окружающей среды, аварии и катастрофы, включая Чернобыльскую 1986 г.

Разломы и эрозионная сеть. Этот, казалось бы, простой вопрос многократно рассматривался как с общих позиций, так и при изучении отдельных территорий. Тем не менее он также заслуживает рассмотрения. Анализ текущей литературы позволяет сделать следующий вывод. Ставшее классическим и, несомненно, правильное положение В.М. Дэвиса [4], развитое многими другими выдающимися геологами и геоморфологами, о том, что "геологическая структура является одной из ведущих причин, следствием которой являются формы рельефа", во многих случаях, особенно в последние годы, применяется излишне прямолинейно. Такая причинно-следственная связь нередко просто постулируется без всякой аргументации. Это в первую очередь касается интерпретации речных долин как зон разломов.

Приуроченность эрозионных долин к зонам разрывных нарушений как к ослабленным, разупроченным зонам, достаточно известный факт. Однако даже в горно-складчатых областях такая связь проявлена далеко не для всех эрозионных форм или, по крайней мере, она требует обстоятельной аргументации. Вспоминаются, например, жаркие споры на стадии проектирования Токтогульской ГЭС на Тянь-Шане по поводу разломной природы долины р. Нарын на ее участке, прорезающем горный массив Качкартобе в системе Ферганского поднятия. На платформенных территориях, где соотношение интенсивности тектонических дислокаций и эрозионно-денудационных процессов намного меньше, чем в горных областях, связь долин с разломами требует особенно тщательного обоснования. Это усугубляется, повторяю, крайне малыми амплитудами и градиентами новейших дислокаций.

По существу, в обосновании нуждаются прежде всего и главным образом "разломы", поскольку в большинстве случаев мы должны предполагать, как отмечалось выше, весьма специфические разломы без сколько-нибудь заметных смещений. Но являются ли они в таком случае разломами? В лучшем случае, повторяем, речь может идти о более или менее широких зонах повышенной тектонической и/или планетарной трещиноватости.

Другое важное обстоятельство - порядок и ширина речных долин, для которых предполагается связь с разрывными нарушениями. Русла даже малых речных долин в платформенных условиях имеют весьма извилистый характер, и ширина поясов меандрирования или пойм, обобщенные и спрямленные контуры которых только и могут быть в данном случае приняты в расчет, достаточно велика. Неизбежно встает вопрос о размерности и точном положении разлома, к зоне которого, предположим, приурочена долина. Кроме того, необходимо принимать во внимание смещение не только излучин, но и в целом самих речных долин во времени, разную ширину и пространственное несоответствие разновозрастных долин. В результате общая ширина долины еще более велика, а вместе с нею еще больше неопределенность локализации и размерность разлома.

Например, ширина современного пояса меандрирования р. Москвы в районе города составляет 1-3 км, а ее общая ширина, определенная только по последнеледниковым (позднеплейстоцен-голоценовым) формам достигает 6-12 км. Ширина голоценовой долины р. Оки в ее нижней части, у Дзержинска и Н. Новгорода, изменяется от 1,5-2 до 5 км, и вся она значительно смещена на юг от предшествовавших ей (средне- и позднеплейстоценовых) долин. В обоих случаях некоторые исследователи утверждают существование активных разломов под этими долинами. Очевидно, однако, что опираясь только на речные долины, локализовать эти разломы, а тем более определить их морфологию, кинематические и другие характеристики не представляется возможным. Имеющиеся данные бурения, достигающего палеозойских горизонтов, которые могли бы быть достаточно хорошими реперами, также не дают на этот счет убедительных фактов. В этих и подобных ситуациях можно, вероятно, говорить о зонах повышенных градиентов, повышенной геодинамической активности и напряженности, зонах повышенной трещиноватости. Но квалифицировать их как разло-

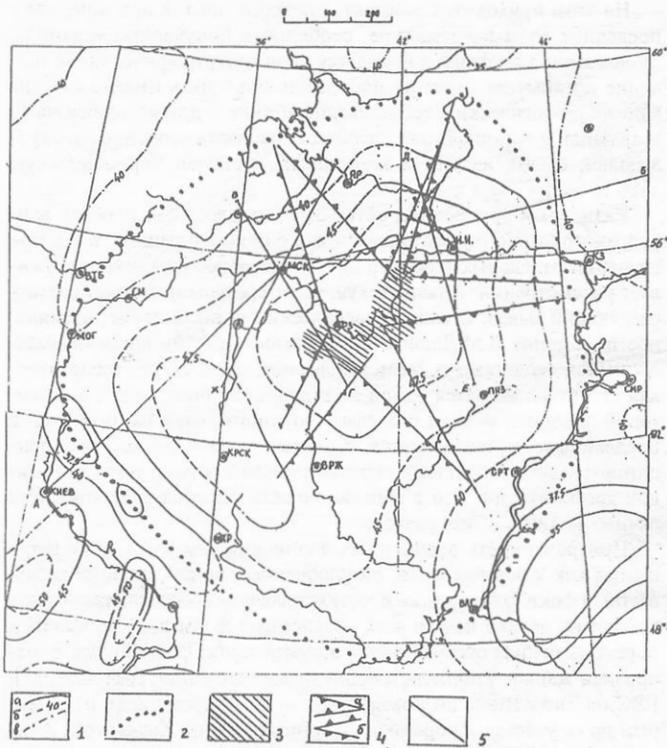


Рис.4. Фрагмент карты рельефа поверхности Мохоровичича Восточно-Европейской платформы, м-б 1:5000000. Гл.ред. В.В.Бронгулев, 1986 (с дополнениями автора): 1 - изогипсы поверхности: а - построенные по сумме данных преломленных и отраженных волн, б - их менее достоверные участки, по данным отраженных волн, в - предполагаемые по общим корреляционным связям с физическими полями; 2 - осевая линия зоны наименьшей мощности земной коры; 3 - Центрально-Русская область максимального погружения поверхности М; 4 - зоны повышенного (а) и пониженного (б) литостатического давления; 5 - линии глубинных разрывов

мы весьма затруднительно (во всяком случае, с позиций конкретного картирования, практических рекомендаций и учета).

Чрезвычайно разветвленные эрозионные сети платформенных территорий, наиболее характерным рисунком которых является древовидный, дают практически неограниченный (по направленности и частоте) выбор линий, за каждой из которых невозможно видеть разрывное нарушение. В своей совокупности они, конечно, подчиняются тектонической структуре (прежде всего и главным образом новейшей). Но эта связь очевидна лишь при большой генерализации и для крупных тектонических форм.

Например, протяженнейшие участки долин Волги, с одной стороны, Днепра и Северного Донца, с другой - маркируют в целом относительно опущенную зону, которая кольцом опоясывает обширный свод Центрально-Русского поднятия. Прогибу соответствует хорошо обозначенное уменьшение мощности и подъем подошвы земной коры, который в виде вала оконтуривает обширную "линзу" этого поднятия (рис.4). Таким образом, мы видим проявленную в рельефе крупномасштабную глубинную структуру. Положение крупных речных долин в этой структуре в общем закономерно, но, по-видимому, достаточно свободно и на конкретных участках зависит от множества других разнообразных факторов, включая структурно-тектонический.

Долина Дона демонстрирует принципиально схожую, но достаточно своеобразную ситуацию. В своем верхнем и среднем течении она принадлежит к западной части указанного выше Окско-Донского меридионального тектонического опускания. Но конкретное ее положение было предопределено структурой древнечетвертичного ледникового покрова: долина Дона, как и долина Медведицы, наследует маргинальные каналы Донского ледникового языка. Для объяснений же контуров этого ледника в некую фазу его стояния разломами нет никаких оснований.

Обнаружение связи малых форм рельефа платформ, в том числе эрозионных долин, с тектоническими структурами представляет немало трудную задачу. Известно, например, сколь ухищренным и трудоемким является морфометрический метод анализа речных сетей, разработанный В.П.Философовым [17] для выявления неотектонических структур в пределах платформ.

Все вышесказанное относительно соответствия речных долин и разломов в полной мере может быть отнесено и к другим формам денудационного рельефа платформенных территорий (экзарационным, абразионным и т.д.). Например, как показал Б.Н.Можаяев [11], вопреки представлениям о тектонической природе уступов, которые разделяют крупные ступени рельефа поверхности дочетвертичных пород и являются характерной особенностью северо-запада Русской равнины, там отсутствуют значительные тектонические нарушения, которые совпадали бы с уступами по местоположению и ориентировке. Характеризуя в целом новейший этап тектонического развития этой области, он сделал вывод об отсутствии в этой области четких разрывных нарушений.

Таким образом, не отрицая возможных проявлений тектонических разрывных нарушений в новейших структурах платформенных территорий, следует заключить, что отождествление с ними речных долин и других форм эрозионно-денудационного рельефа всякий раз требует глубокой аргументации.

Планетарная трещиноватость представляет собой самостоятельную категорию структурных и геоморфологических образований, которые прямым образом связаны с вопросом о разрывных смещениях и эрозионных сетях на платформах, в связи с чем уже упоминались выше. Особенно большой интерес к ним проявился с началом съемок Земли с космических аппаратов. Эти съемки показали совершенно однозначно главные особенности планетарной трещиноватости: повсеместное распространение (независимость от местных тектонических процессов и структур, а также от размеров территорий) и закономерную ориентировку в пространстве. Эти особенности предопределены связью с общепланетарными явлениями, а именно, с напряженным состоянием и закономерным растрескиванием формирующейся осадочной или изверженной породы или слоев земной коры в поле сил неравномерно вращающейся планеты.

С.С.Шульц, с именем которого связана организация и осуществление всестороннего изучения планетарной трещиноватости в нашей стране и который посвятил ей ряд основополагающих работ, неоднократно подчеркивал, что эти эндокинетические трещины существуют в горных породах независимо от того, подвергались ли они дизъюнктивным тектоническим дислокациям или нет, что они не только не являются следствием складчатых и разрывных тектонических дислокаций, а наоборот, зачастую предопределяют их местоположение и ориентировку ("тектоника вышивает свои узоры по канве планетарной трещиноватости").

Принимая существование и принципиальное генетическое различие тектонических и планетарных дизъюнктивных образований, мы должны соответствующим образом оценить роль тех и других в новейшей структуре и рельефе платформ. Очевидно, что многие заблуждения и преувеличение роли разломов в этой структуре порождены отождествлением элементов планетарной трещиноватости и проявляющих их линейamentos с тектоническими разломами. В частности, направления отдельных составляющих эрозионных сетей, как известно, хорошо соответствуют планетарной трещиноватости. Но повторяем, из этого не следует, что каждая речная долина и эрозионная ложбина развиты вдоль **тектонического** разлома.

Относительно линейamentos следует добавить, что это сложные и гетерогенные образования. Они отражают не только тектонические разрывы и планетарную трещиноватость, но и многие другие особенности строения слоев земной коры и литосферы в целом. Это, например, границы веществебно и/или структурно различных комплексов горных пород, которые могут отличаться геофизическими и/или геохимическими характеристиками и находиться в погребенном положении на разных глубинах. При этом проявленность на поверхности не является однозначным показателем современной тектонической подвижности неоднородностей, которые они представляют [10].

Глубина заложения новейших тектонических форм или объем среды, затронутой новейшими дислокациями, является первостепенным вопросом для понимания их генезиса, оценок активности, геодинамических условий, ожидаемых особенностей их совре-

менного развития и связанных с ними процессов. Чаще всего этот вопрос встает при определении природы тех или иных элементов рельефа - поднятий, опусканий и эрозионных долин, соответственно, как тектонических блоков и разломов. При этом очень распространено представление, что те и другие наследуют погребенные ("глубинные") структуры древнего кристаллического или складчатого основания платформ. Или, наоборот, выявленные тем или иным способом разломы основания принимаются как активные новейшие формы. Однако, как следует из уже приведенных примеров, такое соответствие приповерхностных форм известным элементам древних погребенных структур не является достаточно однозначным и оказывается, возможно, самым слабым звеном в знаниях о новейших структурах платформ.

Ответы на эти вопросы и построение структурно-динамических моделей среды зависят в большой степени от геофизической изученности глубинных слоев земной коры и литосферы в целом, которая оставляет желать лучшего.

Выше на примере центральных областей Русской плиты был показан крупный изгиб земной коры, охватывающий всю ее мощность (см. рис. 4): Центрально-Русское поднятие, включающее Средне-Русскую, Приволжскую и Смоленско-Московскую возвышенности. Это надрегионального ранга изометричное поднятие с поперечником более 1000 км представляет собой слабо дифференцированное утолщение земной коры (ее мощность здесь превышает 45-47 км). Согласно карте В.М.Рыжковой и В.В.Соловьева (1986), утолщение соответствует подъем подошвы литосферы и уменьшение ее мощности. Однако описанная выше зона опусканий, которая оконтуривает и обособливает рассматриваемое утолщение и общую приподнятость земной коры, в рельефе подошвы литосферы не проявлена. Это дает основание предполагать, что Центрально-Русское поднятие и окружающее его опускание отражают только верхнемантийно-нижнекоровые процессы.

Поднятия Воронежского и Токмовского сводов, Московско-Дмитровско-Ветлужского вала и сопряженные с ними прогибы в рельефе подошвы земной коры (по тем же данным) не выражены достаточно отчетливо и, можно было бы предполагать, являются короткими образованиями. Однако отвечающая им дифференциация, судя по данным В.М.Рыжковой и В.В.Соловьева, отчетливо проявлена в рельефе подошвы литосферы на глубинах 110-130 км.

Если это противоречие не связано с принципиальными ошибками сопоставляемых карт, то оно может быть лишь кажущимся. Указанные выше главнейшие элементы новейшей тектонической структуры этой области, отраженные частично на рис.3, соответствуют новейшим геодинамическим системам планетарного порядка, латеральное взаимодействие которых осуществляется на литосферном уровне [9]. Формирование же коровой линзы может отражать местные верхнемантийно-нижнекоровые процессы. Если такая суперпозиция действительно имеет место, можно ожидать, что дальнейшие исследования выявят низкочастотную (мантийно-астеносферную) составляющую и в рельефе подошвы земной коры.

Все менее крупные формы новейших деформаций земной коры являясь, очевидно, либо производными крупномасштабных глубинных систем, либо отражают автономные разнотипные процессы, происходящие на разных уровнях коры, в том числе, в осадочном покрове.

Генезис молодых платформенных деформаций. Этой центральной и очень трудной проблеме посвящена большая литература. Но она по-прежнему нуждается в дальнейших исследованиях и внимательном учете. В какой-то мере связанные с ней вопросы уже были затронуты выше. Автор не предполагает давать всеобъемлющий обзор и решение этой проблемы, ограничившись лишь несколькими замечаниями, которые сегодня заслуживают, с его точки зрения, особого внимания.

Сейчас становится все более очевидным, что только вертикально направленными тектоническими силами, которые можно было связывать с очень глубокими источниками в условиях мощной "холодной" литосферы, нельзя объяснить закономерно распределенные движения земной коры. Тем более затруднительно создать с их помощью мозаику разномасштабных блоков (в виде которой, как уже отмечалось, нередко все еще представляется новейшая тектоническая структура платформ).

В последние годы внимание все большего числа исследователей привлекают факты и закономерности новейших структур и напряжений в литосфере, которые указывают на активное лате-

ральное взаимодействие плит и блоков литосферы, в том числе на глубокое динамическое воздействие на континентальные платформы со стороны подвижных тектонических областей [3, 7-9, 19-21, 23].

Новейший структурный план и главные геоморфологические черты Восточно-Европейской платформы хорошо свидетельствуют об их связи с геодинамическими системами глобального масштаба. Причем этот масштаб не является препятствием, а, напротив, позволяет понять геодинамические особенности и весьма малых территорий [8, 9].

Исследуя законченности, возможные источники сил и механизмы внутриплитной тектоники на основе имеющейся информации о напряжениях в литосфере, Ю.Г.Леонов [7] сделал вывод, что и эта информация определенно подтверждает тезис о влиянии на внутриплитные напряжения и на внутриплитную геодинамику причин общего значения - параметров движения литосферных плит и процессов на их границах и в подвижных поясах, что действие сил, приложенных на границах литосферных плит и платформ, передается в их внутренние, в том числе устойчивые части.

Этот же подход позволил объяснить целый ряд геолого-геофизических платформ и подойти к принципиально новым позициям к объяснению и оценке сейсмичности платформ [3, 20, 22].

Таким образом, в выявлении, геодинамических интерпретациях и различных оценках новейших структур платформенных территорий утверждается новый подход, исходящий из большой роли в их развитии сил горизонтального смятия, растяжения или сдвига земной коры платформ. Этот подход принципиально отличается от представлений о блоковой (также "клавишной") тектонике и позволяет выполнять эффективный анализ многограновых геодинамических систем.

Глобальные геодинамические процессы и связанные с ними деформации платформ не исключают проявления сил другой природы. Среди них отметим напряжения и деформации, связанные прямо или косвенно со структурно-вещественными преобразованиями и с силами гравитации. Они связаны, с одной стороны, со значительными неоднородными неровностями различных разрезов в земной коре и литосфере в целом и, с другой - с наличием неравномерно распределенных в разрезе и по латерали неоднородных формаций, в том числе пластичных пород. Роль тех и других еще недостаточно изучена и, по-видимому, недооценивается.

Не потеряя своей актуальности работы Вана Р.В.Бемелена (1956), который придавал гравитационному тектогенезу широкое значение и относил его не только к приповерхностным, но и к глубинным слоям земной коры и к подкоровым массам. В отечественной литературе эта проблема, в том числе применительно к платформенным структурам, обстоятельно рассматривалась В.В.Белусовым [2 и др.]. В числе других ученых гравитационной тектонике, прежде всего в связи с новейшими деформациями земной коры, большое значение придавал С.С.Шульц.

Структурно-вещественные преобразования могут иметь разную природу и осуществляются в разных слоях земной коры. Достаточно хорошо известны, например, химические или физико-химические процессы в толщах солегликоносных и глинистых пород, которые ведут к увеличению или к уменьшению объема горных пород и соответственно к расширению или сжатию, к поднятиям или опусканию земной поверхности. Складываясь со скольжением наклоненных слоев также под влиянием силы тяжести, эти процессы могут создавать значительные местные напряжения и деформации в толщах горных пород. На это со всей определенностью указал в свое время профессор Казанского университета Н.А.Головкинский. В работе "О пермской формации в центральной части Камско-Волжского бассейна" (1868) он писал, что "различная мера движений неизбежно предполагает, что различные слои в большей или меньшей мере скользят по другим слоям" и что это не что иное как результат "бокового давления на пластичный слой, заключенный между двумя твердыми" (цитируется по А.И.Суворову 1994, с.311).

Учет таких процессов позволяет объяснить, по крайней мере отчасти, многие аномально дифференцированные структуры области широкого распространения пластичных пермских отложений на востоке Русской плиты и наличие здесь довольно значительных молодых (новейших и четвертичных) дислокаций, что является одним из оснований для суждения о высокой новейшей и современной тектонической активности платформы.

В связи с этим можно предполагать, что, например, такая дробная и достаточно упорядоченная (линейная) структурно-геоморфологическая дифференциация Нижне-Окского прогиба, проявленная чередованием сравнительно узких относительно поднятых и опущенных зон, связана также с региональным движением пластичных толщ перми на север, со склона Токмовского свода в сторону Московской синеклизы. Другие механизмы здесь трудно представить, в том числе, разнонаправленное движение блоков основания под каждой из этих зон, существования которых (блоков) для этого пришлось бы предположить. Оснований для таких предположений нет, тем более если учесть размерность (ширину) блоков, необходимую для глубин более 1,5 км.

Имеются основания предполагать, что новейшие гравитационно-тектонические процессы, механизмы и формы распространяются не только на приповерхностные зоны коры, но охватывают и большие ее объемы. Так, например, в понижении рельефа подошвы земной коры, который в большей мере отражает её новейшую тектоническую структуру и таким образом является достаточно молодым, следует предполагать избыточное литостатическое давление по сравнению со смежными районами относительно приподнятого ее положения. Это связано не только с повышенной мощностью коры, но и с составляющей гравитационных сил, направленной в сторону понижений. Это может быть если не главной, то одной из причин восходящих движений земной поверхности в таких областях.

Аналогичным образом можно рассматривать структурообразующие действия гравитационных сил на других уровнях земной коры, прежде всего, на поверхности кристаллического основания. Силы эти, по-видимому, очень малы, но в сочетании с другими благоприятными факторами (значительным распространением в разрезе пластичных пород, благоприятно ориентированными региональными тектоническими силами и др.) с ними могут быть связаны достаточно заметные структурные и геоморфологические эффекты.

Приведенный материал показывает, что несмотря на большой прогресс в изучении новейшей тектоники платформ, имеется много направлений, по которым сохраняются существенные неопределенности и неясности, и в связи с этим необходимы дальнейшие фундаментальные исследования. Частично эти направления касаются уже достаточно известных, традиционных слабых мест в новейшей тектонике платформ. Другие возникли в связи с недостатком строгим отношением к системе доказательств и переводом целого ряда геологических и геоморфологических положений в разряд аксиом, которые на самом деле в конкретном применении требуют доказательств.

Наконец, появились новые факты и возникли новые направления и представления о новейших внутриплитных и внутриплатформенных деформациях земной коры. Основным из них представляется подход к изучению платформ с точки зрения глобальных геодинамических условий. При этом крупномасштабные процессы латерального взаимодействия плит и блоков литосферы, вызывающие коробление земной коры, и глубинные региональные (местные) процессы не альтернативны. Они являются независимыми и взаимодействующими тектоническими силами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Арган Э. Тектоника Азии. - М. - Л.: ОНТИ, 1935.
2. Белоусов В.В. Основы геотектоники. - М.: Недра, 1975.
3. Грачев А.Ф., Мухамедиев Ш.А. Напряженное состояние и сейсмическая активность литосферы платформ: влияние удаленности от срединно-океанического хребта // Физика Земли. - 1995. - № 7. - С.14-19.
4. Дэвис В.М. Геоморфологические очерки. - М.: ИЛ, 1962.
5. Леонов М.Г. Внутренняя подвижность фундамента и тектогенез активизированных платформ // Геотектоника. - 1993. - №5. - С.16-33.
6. Леонов М.Г. О тектонической подвижности кристаллических пород фундамента в ядрах антиклинальных структур Северного Прионежья (Балтийский щит) // Геотектоника. - 1996. - №1, С.22-32.
7. Леонов Ю.Г. Напряжения в литосфере и внутриплитная тектоника // Геотектоника. - 1995. - №6. С.3-21.
8. Макаров В.И. Связь новейшей тектоники и современной геодинамики Восточно-Европейской и Западно-Сибирской платформ со смежными активными областями // Всеросс. совещ. по изуч. четвертичн. периода. Тез. докл. - М.: ГИН РАН, 1994, с.150-151.

9. Макаров В.И. Неотектонические геодинамические системы Восточной Евразии и деформации платформ // Неотектоника и современная геодинамика континентов и океанов. Программа и тез. докл. XXIX Тектонич.совещ. - М.: МТК, ОГГГН РАН - геол. ф-т МГУ, 1996, с.84-86.
10. Макаров В.И., Сенин Б.В. Основные принципы, аспекты и проблемы дешифрирования и интерпретации линейментов и кольцевых образований // Космическая информация в геологии. - М.: Наука, 1983, с.305-321.
11. Можяев Б.Н. Новейшая тектоника Северо-Запада Русской равнины. - Л.: Недра, 1973.
12. Николаев Н.И. Наймарк А.А. Карта новейшей тектоники СССР и сопредельных областей м-ба 1 : 5000000. Кратк. объяснит.записка. - М.: Аэрогеология - МГУ, 1979.
13. Новейшая тектоника нефтегазоносных областей Сибири / И.П.Варламов, Р.О.Галабала, П.П.Генералов и др. - М.: Недра, 1981.
14. Решение совещания по классификации платформенных структур // Геология нефти и газа. - 1963. - №11. - С.59-64.
15. Рыжов И.Н. Неотектоника Европейского Севера СССР. - Л.: Наука, 1988.
16. Структурная карта поверхности фундамента платформенных территорий СССР, м-б 1 : 5000000 / Гл.ред. В.В.Семенович, Л.И.Ровнин, Н.В.Неволин и др.. - М.: ПГО "Центргеология", 1983.
17. Философов В.П. Краткое руководство по морфологическому методу поисков тектонических структур. - Саратов, Изд-во Саратовск. ГУ, 1980.
18. Шатский Н.С. О работах А.П.Карпинского по тектонике Восточно-Европейской (Русской) платформы // Избр. тр. Т. IV. - М.: Изд-во АН СССР, 1965, с.251-268.
19. Global patterns of tectonic stress / M.L.Zoback, M.D.Zoback, J.Adams a. o. // Nature. - 1989. - V.341. - №6240. - P. 292-298.
20. Grachev A.F. Intraplate geodynamics and seismicity // J.Earthquake Prediction Research. - 1992. - V.16. - P. 87-106.
21. Grunthal G., Stromeyer D. The recent crustal stress field in Central Europe: trajectories and finite element modeling // J. Geoph. Res. - 1992. - V. 97. - №88. - P. 11805-11820.
22. Shchukin Y.K. Deep dynamic systems of Northern Eurasia // Abstr.11th Intern. Conf. on Basement Tectonics. Potsdam: Geo Forschungs Centrum, 1994, p.142-143.
23. Ziegler P.A. Late Cretaceous and Cenozoic intraplate compressional deformations in the Alpine foreland - a geodynamic model // Tectonophysics - 1987. - V.137. - № 1-4. - P. 389-420.

© Б.Н. Можяев, 1997

Б.Н.Можяев (Аэрогеология)

ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ АНОМАЛИИ КАК ФОРМА ВЫРАЖЕНИЯ НОВЕЙШИХ ТЕКТОНИЧЕСКИХ ДВИЖЕНИЙ

Одним из краеугольных понятий в науках о Земле является определение новейшей тектоники, данное С.С.Шульцем. Под новейшей тектоникой он понимал те тектонические процессы, которыми создан в основных чертах современный рельеф (Шульц, 1939). Такая трактовка понятия о выражении новейших движений в морфологических и генетических особенностях крупных категорий рельефа нашла широкое отражение в публикациях самого С.С. Шульца, его учеников и последователей.

Вместе с тем, вопросы практики требуют выявления зависимости рельефа от новейшей тектоники и на ином - локальном уровне. Это обусловило широкое развитие методов структурно-геоморфологического анализа с целью дифференциации перспективной на нефть и газ территории по степени геоморфологического выражения новейших или погребенных структурных форм.

Это направление разрабатывалось многими исследователями, внесшими существенный вклад в развитие методики структурно-морфологического анализа (Ю.А. Мещеряков, В.П. Мирошниченко, В.П.Философов и многие другие). При этом в работах различных авторов нашло отражение большое разнообразие методических подходов.