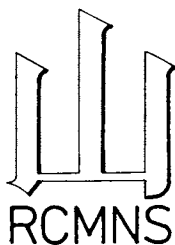


СТАНИСЛАВ СЕРГЕЕВИЧ КРУГЛОВ*

ГЕОДИНАМИКА УКРАИНСКИХ КАРПАТ

(Рис. 7)



Резюме: Анализ эволюции тектонических, седиментационных, магматических и метаморфических процессов в Карпатах, на примере их украинского сегмента, показал правомерность выделения крупных мегациклов в истории их развития: байкальско—каледонского, герцинского и альпийского. Для лучше изученного—альпийского мегацикла отчетливо выделяются этап общего растяжения континентальной коры на рубеже юра—мел с широким развитием основного вулканизма и этап общего сжатия, последовавший вслед за растяжением. Перманентно протекавшее сжатие основания флишевого бассейна было нарушено тремя вспышками усиления движений в этгенбурге — отнанге (?), в позднем бадении и в позднем сармате. Истолкование механизма формирования структуры всей Карпато-Балкано-Динарской области наиболее удовлетворительно может быть проведено с позиции пульсационной гипотезы, при доминирующем поддвиге платформенных обрамлений в эпоху общего уменьшения радиуса Земли.

Abstract: The analysis of the evolution of tectonic, sedimentary, magmatic and metamorphic processes in Carpathians, on the example of their Ukrainian segment has justified the distinguishing of large megacycles in their evolution: the Baikalian—Caledonian, Hercynian and Alpine cycles. For the most thoroughly studied one, the Alpine cycle, we can distinguish the stage of general spreading of the continental crust on the boundary Jurassic—Cretaceous, with extended development of basis volcanism, and the stage of general contraction following immediately after the spreading. The permanently progressing contraction during the formation of the flysch basin was interrupted by three outbursts of increasing activity in Eggenburgian—Ottanian (?), in Late Badenian and in Late Sarmatian. The mechanism of the formation of the structures in the Carpathian-Balkan-Dinaride region can be most satisfactorily explained from the position of the pulsation hypothesis, with dominant activity of platform margins in the period of general decrease of Earth radius.

Введение

Область сочленения молодого альпийского сооружения Карпат с древней Восточно-Европейской платформой является удачным полигоном для анализа эндогенных процессов в рамках Международного геодинамического проекта. Прежде всего здесь на сравнительно небольшой территории сопряжены резко различные геоструктуральные элементы—антиподы: складчатый пояс, продолжающий еще свое активное развитие как горная страна, и древний кратон, вступивший в платформенный режим более миллиарда лет назад (до рифея). Кроме того, область стыка каре-

* Канд. геол.-мин. наук С. С. Круглов, Украинский научно-исследовательский геологоразведочный институт, пл. Мицкевича 8, 29 06 01 Львов.

лид и альпид включает в себя узкую клиновидную полосу (раннебайкальского—каледонского) складчатого обрамления (рис. 1—3). На все эти геоструктурные элементы наложались разные по времени заложения, смещенные пространственно по отношению друг к другу, крупные зоны устойчивого прогибания: рифейская Волыно-Оршанская впадина, вендский Приднестровский перикратонный прогиб, палеозойский Львовский и юрский Стрыйский прогибы, меловая Львовско-Люблинская впадина и, наконец, миоценовый Предкарпатский передовый прогиб (рис. 4).

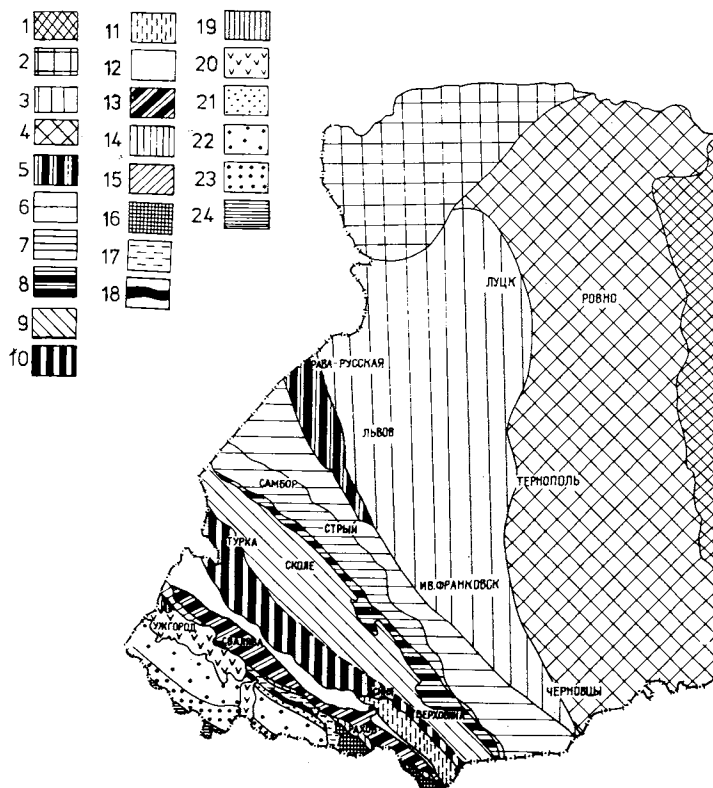


Рис. 1. Схема тектонического районирования западных областей Украины (по Круглову — Смирнову — Хиженякову, 1985).

Волыно-Подольская окраина древней Восточно-Европейской платформы (1—4): 1 — Украинский щит, 2 — Волинский выступ, 3 — Львовский прогиб, 4 — западный склон Украинского щита; 5 — Рава-Русская складчатая зона молодой Западно-Европейской платформы; 6—23 — Украинские Карпаты и прилегающие прогибы. Зоны Предкарпатского прогиба (6—8): 6 — Бильче-Волицкая; 7 — Самборская; 8 — Бориславско-Покутская; зоны Украинских Карпат (9—18): 9 — Скибовая; 10 — Кросненская; 11 — Черногорская; 12 — Дуклянская; 13 — Поркулецкая; 14 — Раховская; 15 — Магурская; 16 — Мармарошского кристаллического массива; 17 — Мармарошских утесов; 18 — Пенинских утесов; зоны Закарпатского прогиба (19—23): 19 — Подгаля; 20 — Вигорлат-Гутинская; 21 — Краевая; 22 — Центральная; 23 — Припаннонского глубинного разлома; 24 — Паннонская межгорная впадина.

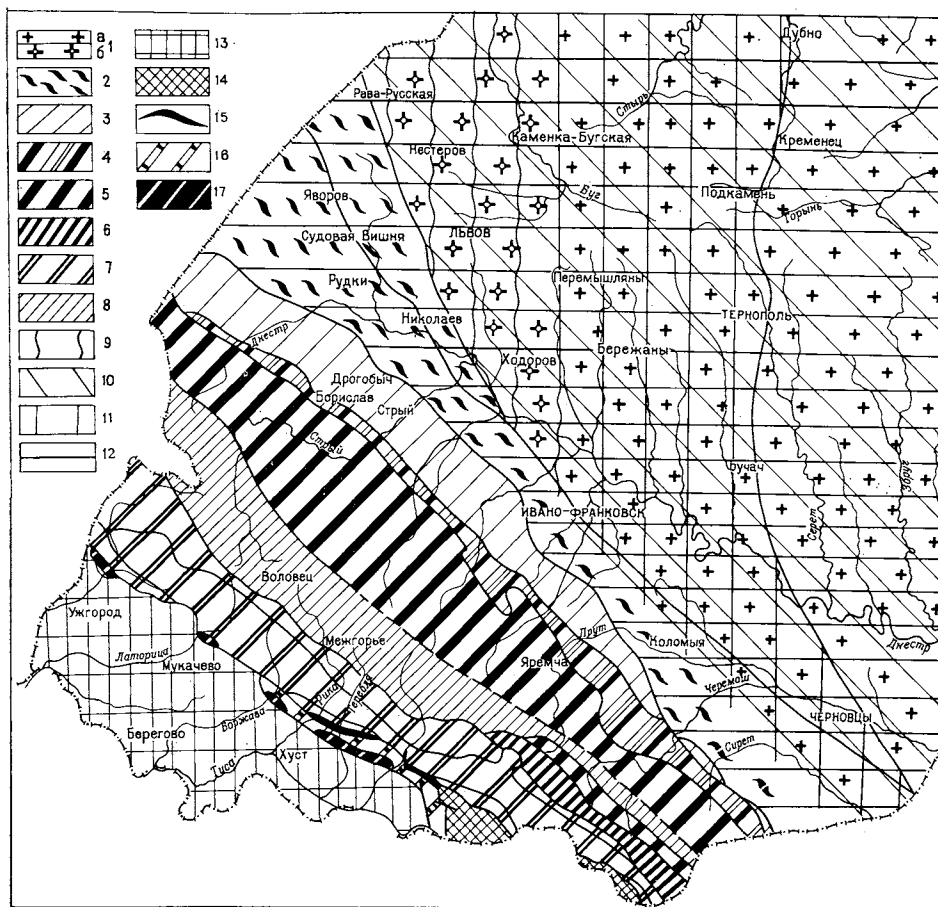


Рис. 2. Карта морфологических типов структур Украинских Карпат и их обрамления (составили Круглов — Смирнов — Хижняков, 1985).

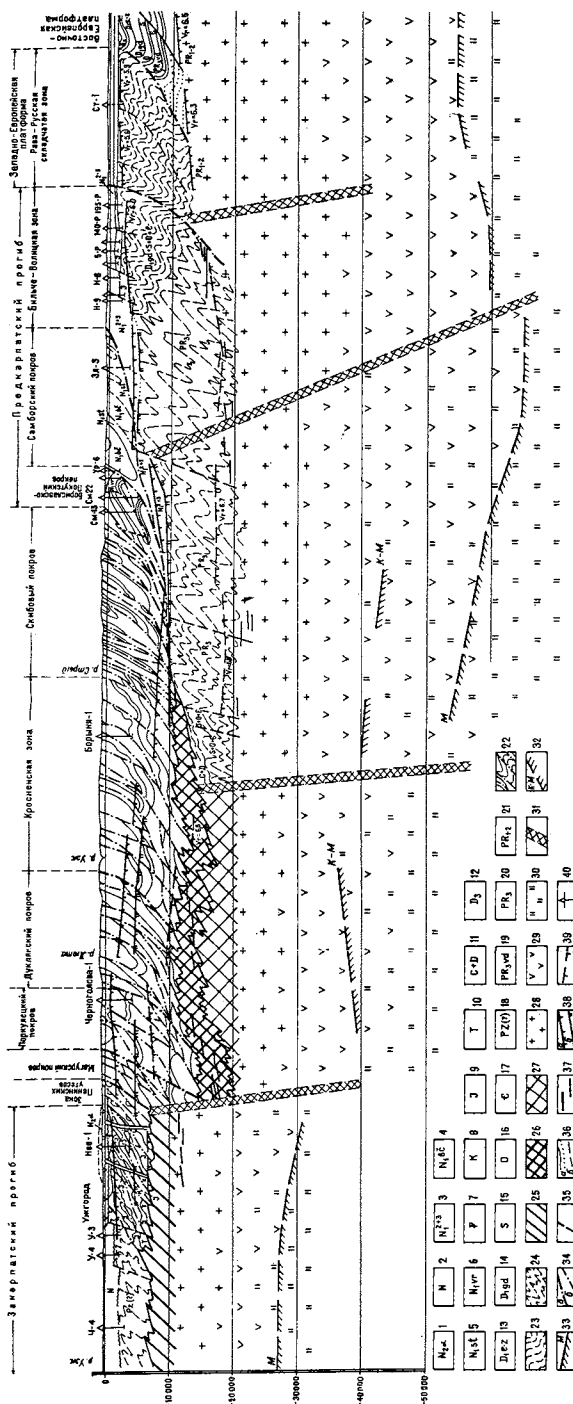
Полная линейная складчатость: 1 — дорифейский комплекс (а-установленный, б-предполагаемый); 2 — байкальско-каледонский; 3—8 — альпийский (покровная структура чехла, частично бескорневая): 3 — асимметричные складки, мелкие малоамплитудные надвиги, 4 — многоярусная система частных покровов, редуцированные и лежащие складки, 5 — протяженные, тектонически ограниченные моноклинали-скибы (скибовый тектонотип), 6 — мелкие узкие чешуи, 7 — крупные чешуи, редкие брахиформные складки, сложная мелкая складчатость, малоамплитудные надвиги, общий депрессионный характер структуры. Промежуточная складчатость: 9 — герцинский комплекс. Прерывистая складчатость: 10 — байкальско-каледонский комплекс, 11 — герцинский, 12 — киммерийско-альпийский, 13 — альпийский (проявления соляной тектоники в чехле, блоковая структура основания). Структуры зон глубинных разломов: 14 — покровная структура основания, система послепокровных разломов, 15 — зона дробления с реликтами океанической (?) коры, олистостром с гигантскими утесами-олистолитами, 16 — крупная моноклираль, осложненная мелкой складчатостью, 17 — тектоническая мегабрекчия с общей многоярусной покровной структурой чехла, гигантские тектонические отторженцы-утесы (пенинский тектонотип).

Геологическая изученность

Украинские Карпаты, также как и вся Карпатская дуга, принадлежат к числу наиболее изученных регионов. Здесь, как нигде в другом складчатом поясе СССР, да, пожалуй, и других стран и континентов, выполнен большой объем глубокого и сверхглубокого опорного и параметрического бурения. Важно отметить, что профили таких глубоких скважин (до 7,5 км) пересекают все горное сооружение, начиная от его платформенного обрамления и заканчивая тыльным Закарпатским прогибом. Предкарпатский прогиб разбурен тысячами скважин, при этом несколько сот из них превышает глубину 3,5 км. Насчитывается более ста глу-

Рис. 3. Геотраверс 1 через Украинские Карпаты по линии Самбор-Ужгород-Чоп (по В. В. Глушко, С. С. Круглову, С. Е. Смирнову, В. Б. Соллогубу, Л. Е. Фильштинскому, А. В. Хижнякову, А. В. Чекунову, с использованием графических материалов УкрНИГРИ, Института геофизики АН УССР, треста «Львовнефтегазразведка», объединения «Укрнефть», 1978 г.).

1 — андезиты, базальты, дациты, липариты и их туфы; 2 — нерасчлененные осадочные образования неогена; 3 — глины, песчаники, гипсы, ангидриты, мергели, туфы; 4 — баличская свита — глины и песчаники; 5 — стебникская свита — пестроцветные глины с прослоями песчаников; 6 — воротыщенская свита — солёносные глины, песчаники, конгломераты; 7 — вульшавская свита — терригенный флиш; 8 — меловые нерасчлененные терригенно-карбонатные отложения; 9 — юрские преимущественно карбонатные отложения; 10 — триасовые отложения — доломиты, песчаники, алевролиты, аргиллиты, яшмы, кварциты, диабазы, порфириды, туфы; 11 — предполагаемые отложения среднего палеозоя; 12 — известняки, доломиты, пестроцветные аргиллиты, реже конгломераты; 13 — красноцветные песчаники, алевролиты, аргиллиты эмса-зигена; 14 — аргиллиты с прослоями известняков, мергелей, алевролитов и песчаников (жедин); 15 — преимущественно карбонатные породы силура; 16 — известняки, мергели, песчаники ордовика; 17 — песчаники кембрия; 18 — предположительно палеозойские слабо метаморфизованные глинисто-карбонатные отложения Закарпатского прогиба; 19 — валдайская серия — песчаники, аргиллиты, алевролиты; 20 — метаморфизованные складчатые образования (ранние байкалиды); 21 — сланцы, гнейсы, граниты, габбро, мигматиты — кровля фундамента дорифейской платформы; 22 — мел-палеогеновый флиш Карпат; 23 — нерасчлененные складчатые образования нижнего девона (жедина) — кембрия (каледониды); 24 — дислоцированный комплекс ранних байкалид; 25 — метаморфизованный палеозойский комплекс фундамента Закарпатского прогиба; 26 — палеозойско-мезозойский (дофлишевый) комплекс Карпат, частично сорванный со своего основания; 27 — палеозойский комплекс Флишевых Карпат; 28 — «гранитный» слой; 29 — базальтовый слой; 30 — верхняя мантия; 31 — крупные нарушения (по сейсмическим данным); 32 — поверхность коромантийного комплекса; 33 — поверхность Мохо; 34 — надвиги: а-главные, б-прочие; 35 — сбросы и взбросы; 36 — стратиграфические границы: а-установленные и предполагаемые в фанерозойских отложениях, б-предполагаемые в протерозойских отложениях; 37 — отражающие горизонты в консолидированной коре; 38 — преломляющие границы, отождествлявшиеся с кровлей дофлишевого основания: а — в интерпретации 1965 г., б — в интерпретации 1975 г.; 39 — преломляющие границы, отождествлявшиеся с кровлей палеозойского комплекса в интерпретации 1965 г.; 40 — глубокие скважины.



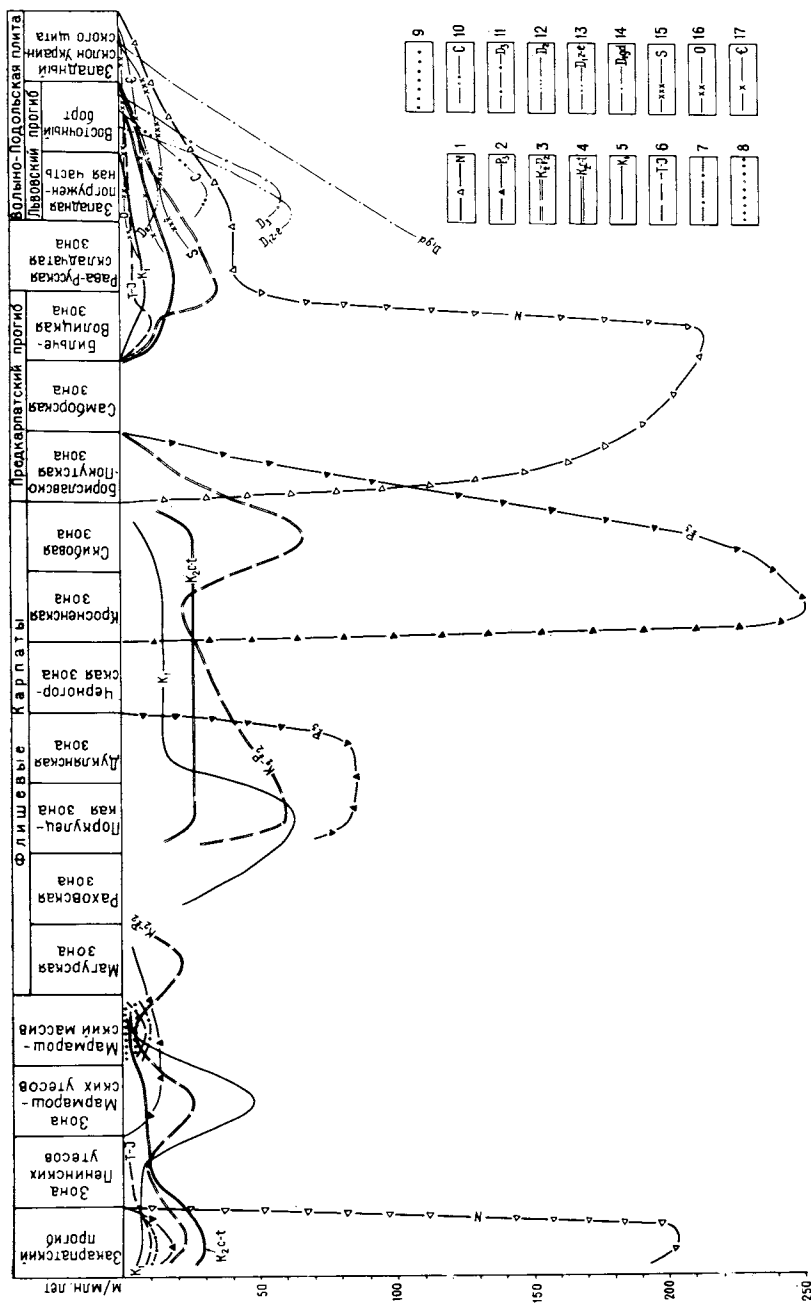


Рис. 4. Корреляційний графік інтенсивності осадконакоплення в фанерозе Українських Карпат і їх обрамлення (по літифікованим отложениям). Составили Круглов — Смирнов — Хижняков (1985).
 Стадії (этапы) осадконакоплення: 1 — неогенова; 2 — олигоценова; 3 — позднеміловая—эоценова; 4 — середнєміловая (сеноман—турон); 5 — раннєміловая; 6 — ранне—середнєміловая; 7 — ранне—середнєміловая; 8 — ранне—середнєміловая; 9 — ранне—середнєміловая; 10 — позднеміловая—эоценова; 11 — позднеміловая; 12 — середнєміловая; 13 — зиген—эмска; 14 — жєдінська; 15 — силурійська; 16 — ордовікська; 17 — кембрійська.

боких скважин полностью прошедших через фронтальную часть самого внешнего (Скибового) покрова Флишевых Карпат. Около полутора десятков глубоких скважин заложено непосредственно во Флишевых Карпатах.

Вся территория Украинских Карпат покрыта детальной геологической съемкой, а внешняя их часть и Предкарпатский и Закарпатский прогибы, кроме того, — детальными сейсмическими исследованиями с глубиной освещения разреза до 7—8 км. Помимо этого здесь выполнен ряд региональных поперечных и продольных профилей методом КМПВ и ГСЗ, а один из них является международным (II международный профиль ГСЗ по линии Вишневец-Долина-Берегово).

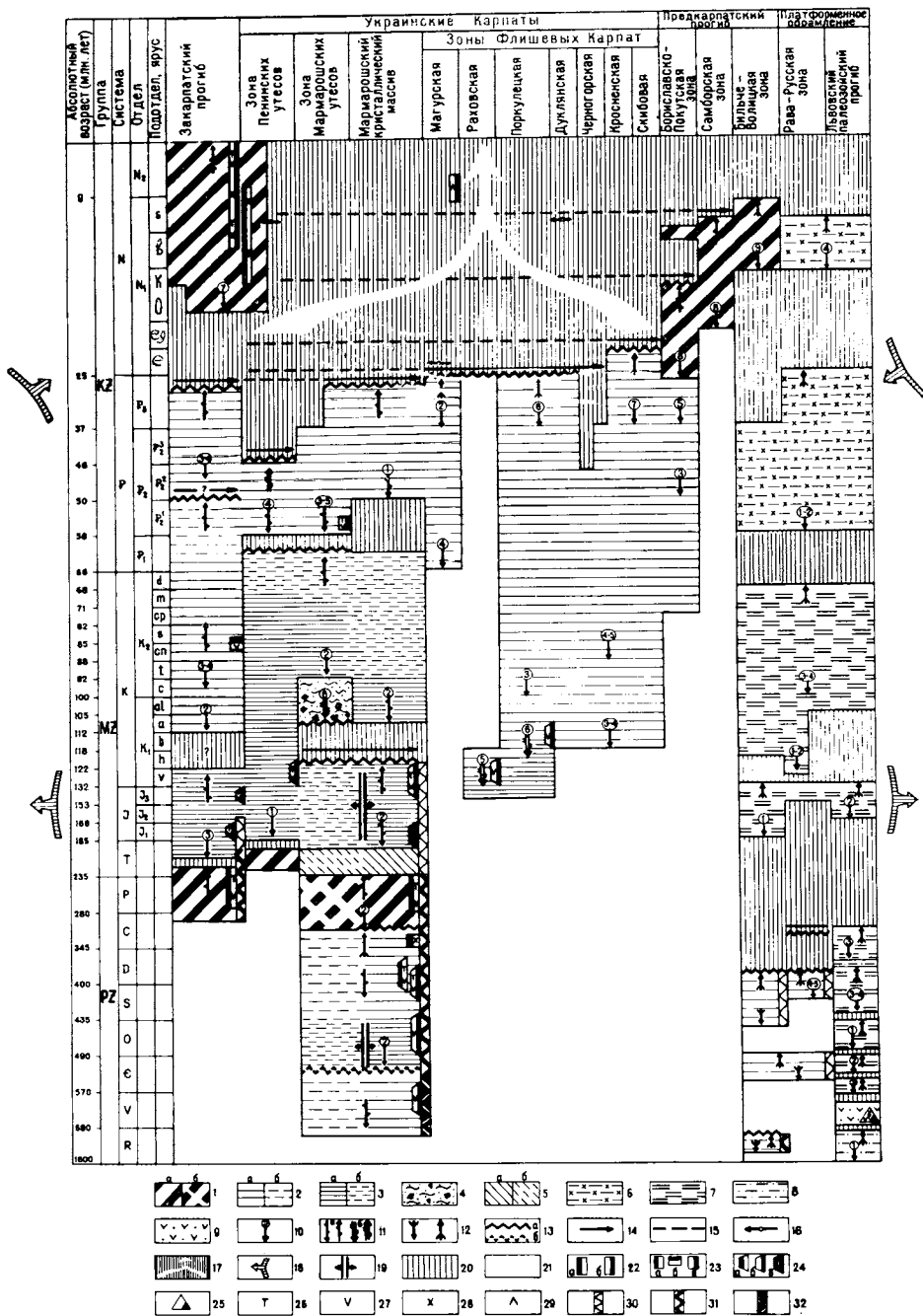
Все это вместе взятое, с учетом огромного материала, накопленного многими поколениями карпатских геологов по стратиграфии, седиментологии, тектонике, магматизму и метаморфизму, явилось надежной основой для выполнения геодинамического обобщения, краткие результаты которого и приводятся в настоящей статье.

В качестве основы для геодинамических построений автором (Круглов и др., 1985) совместно с С. Е. Смирновым, С. М. Спитковской и А. В. Хижняковым выполнена корреляция эндогенных процессов и осадконакопления в позднем протерозое—фанерозое и составлена синоптическая корреляционная схема этих процессов в Украинских Карпатах и их платформенном обрамлении. Эта схема наглядно отображает развитие Карпат в пространстве и во времени (рис. 5). Не комментируя ее содержание, легко считывающееся с помощью условных знаков, перейдем к рассмотрению лишь главных моментов геодинамики Карпат.

Основные черты альпийского развития

Многовергентная складчато-покровная структура Карпат, вообще и их украинского сектора, в частности, в настоящее время является почти общепризнанной. Наиболее обоснованными следует считать представления тех геологов, которые принимают покровные структуры как результат эволюции долгоживущих конседиментационных разломных зон, ограничивавших флишевые трогии еще в процессе осадконакопления. Некоторые из этих трогов разделялись парными разломными зонами, обособлявшими блоки преимущественно геосинклинального характера развития, длительное время игравшими роль надводных или подводных кордильер.

У подножья некоторых из них в раннем мелу (баррем—апт), синхронно с накоплением флиша в более глубоководных частях трогов, шло формирование нефлишевых мелководных карбонатных, существенно органических пород. В эпохи резко дифференцированных движений в местах сочленения этих погружавшихся и воздымавшихся блоков пра-Карпат происходили подводные излияния основных лав. Особенно четко они прослеживаются вдоль внутренней и внешней периферии Покрулецкого покрова и внешней — Мармарошского. Излияния основных лав происходило и на более ранних этапах развития флишевой геосинклинали на рубеже юры—мела, когда в условиях общего растяжения дофлишевого основания началось заложение флишевых трогов (рис. 6).



Чрезвычайно затруднено истолкование происхождения так называемых экзотических пород, то есть валунов и галек таких образований, корневые выходы которых неизвестны ни в пределах Украинских Карпат, ни в Карпатской дуге вообще. Особенно загадочными и по своей природе, и первичному положению в структуре Карпат являются кислые интрузивные магматические породы, время первичного становления которых, по данным абсолютной геохронологии, мезозойское и даже палеоценовое. Таким образом, если принимать во внимание эти данные, то где-то в пра-Карпатах, частично, даже в условиях уже начинавшегося флише-накопления имелись крупные зоны локализации значительных по размерам магматических интрузивных тел (судья по крупнозернистым и порфириновидным структурам пород) и происходили излияния кислых лав, вероятнее всего, в аэральной обстановке. В барреме—апте часть их уже размывалась при формировании соймульской олистостромы, а в бадении — при накоплении так называемых пистыньских конгломератов предкарпатской молассы. Позднейшими движениями районы денудации этих экзотиков были закрыты надвинутыми массами флиша и, возможно, моласс.

Следовательно, еще в допокровный этап развития Карпат, а, вероятнее всего, синхронно с развитием покровов здесь существовал какой-то механизм избирательного («клавишного») погружения (засасывания) отдельных линейных зон-блоков континентальной коры, игравших в допокровный (геосинклинальный) этап роль кордильер, разделявших отдельные

Рис. 5. Схема геодинамики Украинских Карпат в фанерозое и позднем протерозое (по Круглову — Смирнову — Спитковской — Хижнякову, 1985).

Геосинклинальный режим: 1 — орогенный этап, молассовая формация (а-установленная, б-предполагаемая); 2 — собственно геосинклинальный этап, флишевая и флипоидные формации (а-установленные, б-предполагаемые); 3—4 — раннегеосинклинальный этап: 3 — карбонатная, карбонатно-кремнистая и терригенно-карбонатная формации (а-установленные, б-предполагаемые), 4 — олистостромы. Квазиплатформенный режим: 5 — мелководные морские карбонатные и терригенно-карбонатная формации (а-установленные, б-предполагаемые). Платформенный режим: 6 — морская мелководная карбонатно-терригенная формация; 7 — морская мелководная терригенно-карбонатная; 8 — аридная красноцветная; 9 — трапповая. Характер тектонических движений: 10 — погружение и характеристика его интенсивности (м/млн. лет); 1, 2 — медленное (менее 5, 5—10); 3—4 — умеренное (10—25, 25—50); 5—7 — интенсивное (50—100, 100—200, 200—400); 8, 9 — весьма интенсивное (400—700, более 700); 11 — вертикальные движения блокового характера (а-слабые и умеренные, б-интенсивные); 12 — вертикальные движения сводового характера; 13 — складчатость (а-установленная, б-предполагаемая); 14 — горизонтальные движения (покровы); 15 — отражение горизонтальных перемещений; 16 — обратная вергентность горизонтальных движений (в том числе и ретрошарьяжи); 17 — инверсия Карпат; 18 — растяжение и сжатие; 19 — раздвиги; 20 — устойчивое воздымание (континентальный режим, отсутствие осадконакопления, денудация); 21 — неустановленный режим. Магматизм: 22 — орогенный (а-кислый, б-основной); 23 — инверсионный (а-кислый, б-средний, щелочной, в-основной); 24 — раннегеосинклинальный (а-кислый, б-основной, в-ультраосновной); 25 — трапповый (основной); 26 — туфы; 27 — эффузии; 28 — интрузии; 29 — дайки. Метаморфизм: 30 — филлитизация, 31 — эпитермальный (фации зеленых сланцев), 32 — мезотермальный (амфиболитовой фации).

области осадконакопления. Существование, вероятно, первично наклоненных к юго-западу, поверхностей смесителей наиболее крупных разломов, ограничивавших такие зоны-блоки, и следовавшие в начале миоцена — конце олигоцена (для Флишевых Карпат), а затем после раннего бадения (для Бориславско-Покутской фациальной зоны) и в послеранне-сарматское время (для Самборской зоны) общие сжимающие напряжения привели к срыву со своего основания и перемещению к северо-востоку флишевой и молассовой формаций с образованием сложной системы моновергентных складчато-покровно-чешуйчатых структур. Вероятно, ни флишевая, ни, тем более, молассовая формация не участвовали активно в трансформации сжимающих напряжений, и лишь пассивно отражали сжатие и сколы, которые испытывал более консолидированный их фундамент — домезозойские и триас—юрские образования. В связи с этим фронтальные части современных флишевых покровов — это лишь уцелевшие от денудации козырьки наиболее верхних горизонтов первоначально очень мощных надвиговых пластин, глубинные горизонты которых при движении к северо-востоку «отстали» от приповерхностных частей, образовав осадочно-метаморфический и, возможно, гранитный слой корней Карпат. В отличие от глубинных условий развития покровов, на поверхности не было каких-либо жестких ограничителей для свободного перемещения флишевых и молассовых образований, чем, видимо, и объясняется общий гравитационный облик Карпатских покровов, особенно в их внешней части и в Предкарпатском прогибе.

На заключительных этапах развития покровов по внутренней периферии Флишевых Карпат в пределах СССР и Чехословакии, произошло некоторое их запрокидывание в обратном направлении, то есть к юго-западу. Это запрокидывание коснулось и зоны Пенинских утесов. Оно фиксируется по опрокидыванию в этом направлении самых периферических участков миоценовых молассовых толщ Закарпатского внутреннего прогиба и по юго-западной вергентности некоторых частных покровов внутренних зон Внешних Карпат.

К механизму формирования структуры Карпат

Что же явилось общей причиной столь сложного и во многом противоречивого и остающегося неясным развития Украинских Карпат и в целом Карпатской дуги?

Наиболее популярной гипотезой для объяснения развития Карпат, как и вообще всех складчатых поясов мира, в настоящее время является новая глобальная тектоника или гипотеза литосферных плит. Она базируется на представлении о сочленении континентальной и океанической коры по периферии Паннонской межгорной впадины, при этом реликты последней усматриваются в проявлении офиолитов и триасовых кремнистых (существенно радиоляритовых) образований, сопряженных с диабазами. Отдельные явно неокееанического типа мелководные толщи трактуются как локальные участки континентальной коры, выделяемые в микроконтиненты. Возникновение горной цепи Карпат объясняется столкновением принципиально разных по характеру строения земной коры

литосферных плит, разграничивающихся сложной системой то ли первично криволинейных, то ли сопряженных под некоторыми углами прямолинейных участков сейсмофокальных зон или зон Беньофа. Эти отрезки слагают единую очень крутую, выгнутую своей выпуклой стороной к платформенному обрамлению, дугу, которая многими сопоставляется с островными дугами современных океанов. Признание последнего положения позволяет выдвигать и второй вариант формирования Карпатского горного сооружения, как результат столкновения островной дуги и литосферной плиты с континентальным типом коры. Высказывались соображения и о том, что Карпатская островная дуга существовала в области развития континентальной коры. Разновозрастные (меловые—паннонские) кислые и основные преимущественно эффузивные образования, слагающие линейно вытянутые и протяженные гряды и отдельные массивы в области сочленения Внутренних Карпат и в Апусенях (банатиты!), принимаются как результат многоэтапной генерации магм, обязанных своим происхождением расплавлению (при поддвиге и погружении по зонам Беньофа) океанической плиты.

Резко различно подходят авторы рассматриваемой концепции к самой принципиальной ее части, касающейся непосредственно вопроса о том, какая же плита под какую надвигалась или поддвигалась. По мнению одних, в соответствии с общими взглядами на развитие океанов, океаническая кора поддвигалась под континентальную. По представлениям других, наоборот, зона Беньофа погружена с северо-востока на юго-запад либо со стороны платформы под Предкарпатский прогиб, либо под зону Пенинских утесов. Некоторые исследователи считают обоснованной точку зрения, в соответствии с которой в Карпатах имеются две парных (параллельных) зоны поддвига океанической коры, зажатых между мощными блоками континентальной коры. Одна из них предполагается в центральной части Трансильванской депрессии, а другая разделяет Внешние и Внутренние Карпаты и трассируется по зоне Пенинских утесов.

Наконец, следует отметить и вариант интерпретации механизма формирования Карпат, в соответствии с которым на ранних этапах их развития, как горной системы, происходил поддвиг океанической коры с погружением зоны Беньофа под Карпаты в сторону древней платформы, а на более поздних этапах (в неогене) произошло заложение новой зоны уже во внешней периферии горной дуги с погружением ее плоскости в противоположном направлении.

Краткого перечисления этих противоречивых конкретных попыток приложения гипотезы литосферных плит к объяснению природы Карпат, кажется вполне достаточным для осторожного вывода о том, что ни одна из них не может быть признанной вполне удачной, объясняющей историю их развития и механизм образования структуры. К тем трудностям решения этой проблемы, которые выдвинули сами сторонники гипотезы почит и некоторые их оппоненты, добавим лишь одно, с нашей точки зрения, самое главное затруднение, стоящее на пути дальнейшего развития разбираемой концепции в приложении ее к Карпатам. Непреодолимая трудность, по нашему мнению, заключается в общем кольцевом характере структуры Карпато-Альпийско-Динарской петли

Средиземноморского пояса с практически кольцевой же вергентностью слагающих их крупных покровов и шарьяжей. Монолитные в альпийский этап развития древняя Восточно-Европейская и молодая Западно-Европейская платформы не несут на себе следов сдвигового типа, имевших бы к тому же «центростремительный» характер (к центру Паннонской межгорной впадины).

Не снимает этих затруднений и представление сторонников концепции литосферных плит о вращательном движении отдельных таких плит-микроконтинентов. Такой «крутящейся» плитой, видимо, должен был бы быть внутренний блок земной коры Карпато-Балкано-Динарского региона, т. е. блок, где теперь находится Паннонская межгорная впадина. Но, во первых, вряд ли оправдано выделение его в микроконтинент, так как земная кора его не имеет типичного континентального облика. Во-вторых, любой изометричный по форме блок (каковым является указанная впадина) даже при вращении вокруг своей оси не может оказывать механическое воздействие на прилегающие неконсолидированные геосинклинальные области и быть первопричиной их моновергентной покровной структуры. При таком очень абстрактном и гипотетичном механизме покровообразования вращающийся блок должен непременно иметь удлиненную форму и подобно кулачковому валу оказывать давление только на какую-то часть геосинклинального обрамления и только в момент соприкосновения «кулачкового» выступа с этим обрамлением. Механизм же свободно плавающего внутреннего блока-микроконтинента, описывающего кроме того дугу, обрамляющую с внутренней стороны первичную дугу геосинклинального прогиба, нельзя признать даже гипотетическим, так как он вообще никакими геологическими наблюдениями не может быть обоснован хотя бы в какой-то степени.

Нельзя не отметить появившуюся в последние годы концепцию происхождения Динарско-Карпатской кольцевой структуры с позиции ударно-взрывной тектоники. Указанная концепция представляется нам сугубо механистической, так как она совершенно не учитывает бесспорные положения классической геологии о тесной связи покровно-надвиговых структур со всей допокровной историей геологических систем. Иными словами: орогенические движения, сопровождающиеся покровами и надвигами, предопределены всей предшествующей историей мобильных зон земной коры, а завершающие этапы формирования геосинклинальных областей (в том числе и дугообразных, и кольцевых) являются лишь революционными эпизодами длительного эволюционного цикла их развития. При этом общеизвестно, что дугообразные и кольцевые горные системы по своей истории развития (включая и орогенный этап) не имеют каких-либо отличительных признаков от линейных горных цепей, которые никак не могут быть причислены к категории гиаблем или астроблем.

Для объяснения структуры Карпат привлекались и представления, исходящие из положения о происхождении покровов за счет трансформации вертикальных движений в горизонтальные. При этом значительные сжимающие напряжения отрицаются, а главным источником энергии покровообразования считаются силы гравитации. В основе этих построений лежат взгляды о развитии складчатых и разрывных дислокаций при опре-

деляющей роли вертикальных движений (Корнеева, 1959; Резвой 1976 и др.).

Действительно, морфология покровов и надвигов в Предкарпатском прогибе, характер складчатости, конседиментационность развития и краевое положение района в Карпатской дуге невозможно объяснить без воздействия сил гравитации, действующих повсеместно и постоянно в условиях любых дифференцированных вертикальных движений. Эти же последние признаются всеми исследователями без исключения. Однако здесь встает вопрос о соотношении (масштабности) вертикальных движений и, вызванных ими, горизонтальных перемещений. Отрицание сколько-нибудь значительного тангенциального сжатия при возникновении многокилометровых надвигов или многоярусных этажей, интенсивно смятых в складки отложений, порождает проблемы соотношения ширины первичной области седиментации осадков и ширины складчато-покровного сооружения, сформировавшегося при условии отсутствия бокового сжатия. С позиции гравитационного тектогенеза ширина палеобассейна и сформированном в результате его историко-геологического развития горной покровно-складчатой системы остается практически такой же или даже меньше, но никак не больше.

В подтверждение именно такой исходной позиции сторонников гравитационного тектогенеза или механизма формирования складчатости и покровообразования за счет вертикальных движений можно привести все составленные ими палеотектонические профили безотносительно к региону или геологической эпохи. Неизбежным следствием такого механизма должны быть значительные различия современной мощности (а точнее толщины) разновозрастных отложений в направлении поперечном к структуре прогиб-поднятия, т. е., гравитационный тектогенез немислим без гравитационного скольжения и гравитационного нагнетания. В каком-то (воздымающемся!) участке области развития гравитационного тектогенеза должно происходить соскальзывание осадочных толщ или хотя бы их растяжение, или будинаж, а в каком-то (погружающемся!) наоборот их нагромождение (нагнетание, напользание, «сгруженность» и т. д.).

Основным моментом, противоречащим описанному механизму, является отсутствие в Предкарпатье фактических данных для утверждения о проявлении здесь значительных зон гравитационного сгруживания развитых отложений мела—миоцена и соответствующих зон их «соскальзывания». Наоборот, постепенное и закономерное изменение мощности разновозрастных отложений вкрест простираения Бориславско-Покутской зоны Предкарпатского прогиба (например, хорошо изученной менилитовой свиты олигоцена, являющейся одним из основных нефтегазоносных горизонтов), уже давно служит критерием для выявления принадлежности вскрываемого скважинами разреза к тому или иному ярусу складок (первому, второму, третьему и, возможно, четвертому).

Немаловажным противоречием концепции гравитационного тектогенеза в приложении ее к объяснению природы края Карпат является также другое обстоятельство, уже давно отмечавшееся в литературе. Оно заключается в явном несоответствии между амплитудой горизонтального перемещения Самборского, Бориславско-Покутского и Скибового покровов

Карпат и размахом прогибания автохтона перед фронтом этих покровов. Ведь пожалуй, никто уже не может отрицать положения, что максимальное горизонтальное перемещение края Западных Карпат на платформенное обрамление не сопровождается мощным прогибанием автохтона (глубина его залегания составляет здесь 3—4,5 км в 20—25 км от фронта покрова). И, наоборот, минимальное надвигание края Карпат имеется в месте мощного общего нагромождения осадочных толщ на глубоко-погруженном платформенном основании. Именно таким сектором являются Украинские Карпаты, расположенные в пределах Паннонско-Волынской поперечной тектонической депрессии.

С интересной попыткой представить механизм развития Карпат, по материалам комплексного обобщения обширных геофизических данных, недавно выступила группа украинских геофизиков (Б у р ь я н о в и др. 1978). Предлагаемая ими полиморфно-адвекционная модель происхождения Карпат базируется на представлении о зарождении в палеогене на глубинах 250—400 км, на месте современной Паннонской межгорной впадины, глубинного источника тепла, обязанного своим возникновением фазовым полиморфным преобразованиям вещества. Распространение тепла этого источника вверх и в стороны по нисходящей ветви конвекционной ячейки (в том числе и под Карпаты) вызвало резкие преобразования всех физических параметров слоев литосферы и вместе с этим привело к л а т е р а л ь н ы м движениям земной коры и ее коренной перестройке. В наиболее центральной части поверхностной проекции астенолита, т. е. в Паннонской впадине, произошло р а с т ь ж е н и е коры в сторону обрамления, а в периферической (по ее окраинам), вследствие сопротивления (упора) со стороны монолитной консолидированной древней платформы, — с ж а т и е. Краевые глубинные разломы Карпат с погружением их в сторону платформы и разломы внутри Карпатской геосинклинали, направленные в противоположную сторону, образовали, по мнению авторов, структуру типа «рампы». Взаимодействие сжатия у края платформы с погружением нисходящей адвекционной ветви привело к опусканию на глубину клинообразного блока земной коры с погружением под Карпатами разделов Конрада и Мохоровичича. Этим погружением было обусловлено заложение Предкарпатского передового прогиба и надвигание в сторону платформы флишевых и молассовых образований Карпат. Область прогиба и внешняя часть Флишевых Карпат, располагавшиеся над нисходящей адвекционной ветвью, сформировались по этим представлениям, в обстановке общего сжатия, чем и объясняется отсутствие в этой части Карпатской дуги характерного индикатора условий растяжения — магматизма.

В отличие от авторов этой интересной точки зрения, нам представляется, что далеко не все геологические особенности развития Карпат объяснимы и с позиции этого наиболее удачного, из числа имеющихся, предложения.

Пульсационная гипотеза в приложениях к Карпатам

Для восстановления палеогеодинамических условий развития покровно-складчатых регионов первостепенное значение имеет оценка первичных размеров бассейна осадконакопления и их изменения во времени. Даже приближенное решение этого вопроса невозможно без расчета величины общего сжатия за счет покровов, надвигов и складчатости. Общую (суммарную) амплитуду горизонтального перемещения карпатских покровов установить чрезвычайно трудно, в связи с их кулисообразным положением в Карпатской дуге.

Попытка подсчета амплитуд надвигов была выполнена А. В. Максимовым (1967). Доказанная бурением амплитуда для Самборского покрова превышает 15 км. Большинство исследователей сходится при этом во мнении, что это вообще бескорневой элемент Предкарпатского прогиба с общим очень значительным перемещением. Вероятнее всего, что такое же положение и с Бориславско-Покутским покровом, для которого некоторыми исследователями допускается минимальная амплитуда перемещения в 20 км, хотя доказанная ее часть (бурением) значительно меньше. Порядка 20 км минимальная, доказанная геофизическими работами и бурением, амплитуда Скибового покрова. О величине перемещения Кросненской зоны, как указывалось, никаких достоверных данных нет. Для Черногорского покрова можно такую амплитуду установить как минимум 16—20 км, для Дуклянского — 12, Покрулецкого — порядка 20 и первые километры для Магурского, Раховского и Мармарошского. Однако по материалам румынских геологов амплитуда последнего принимается до 30 км.

Таким образом, по любым сечениям Украинских Флишевых Карпат вместе с аллохтонной частью прогиба общая амплитуда горизонтального смещения структурно-фациальных зон, подсчитанная по минимальной величине, составляет не менее 100 км, при современной ширине их от 50 до 100 км. Однако, если учесть горизонтальные составляющие надвигов, ограничивающих крупные скиби и чешуи, и принять во внимание характер развитых здесь складок (часто почти горизонтальных и лежачих), то станет ясно, что эту цифру следует резко увеличить. Кроме того, в подсчетах принимались лишь очевидные, а не возможные величины перемещения. Поэтому, при попытках воссоздания палеогеографических условий в Карпатах, непременно следует принимать во внимание, по крайней мере, трехкратное общее сокращение Карпатской геосинклинали в альпийский цикл их развития.

Самым же важным является попытка расчета величины блоков суши, разделявших отдельные, теперь полностью тектонически сомкнувшиеся, области осадконакопления. Однако, для расчета величины таких исчезнувших из денудационного среза блоков земной коры пока что не создано какой-либо методической основы. Трудности заключаются прежде всего в том, что фациальный состав доступных для анализа отложений отражает в лучшем случае лишь характер палеорельефа и состав пород области размыва. Но этого совершенно недостаточно для суждения о ширине такой палеосуши.

Учитывая это обстоятельство, палеорельеф в момент накопления от-

ложений флишевой и молассовой формации для тех или иных временных интервалов можно отобразить лишь качественно, отмечая зоны возможного поглощения участков коры. Такие зоны включают в себя как участки палеосуши, так и, возможно, участки накопления краевых прибрежных фаций. На литолого-фациальных картах и схемах тектонических режимов и на палеотектонических профилях (рис. 6) они показаны тонкими параллельными линиями, играющими примерно такое же методическое назначение, как перерывы сплошности в литологических и стратиграфических колонках при невозможности показа всех особенностей нормального разреза в одном масштабе.

Для Украинских Карпат в их лучше всего изученной Бориславско-Покутской зоне детальные расчеты по реконструкции ширины палеобассейна к началу олигоцена выполнены недавно М. А. Вулем и А. С. Пилипчуком, 1981. На основе измерения отчетливо коррелируемых отложений указанного времени, имеющих градиентный характер изменения мощностей, по всем ярусам складок, по 80 детально построенным профилям вкрест простирания зоны, установлено, что современная ширина этой структурной единицы меньше ширины олигоценового бассейна в 2—3,5 раза. При этом не было выявлено каких-либо разрывов в градиенте мощностей, указывавших бы на возможное поглощение какой-то части основания палеобассейна в орогенный этап развития Карпат.

Учитывая краевое положение в Карпатской горной системе Бориславско-Покутского покрова, формировавшегося на стыке орогена и прогиба, можно считать, что соотношение площади его доорогенного основания к современной ширине покрова является максимальным по отношению ко всем другим структурным единицам, занимающим более внутреннее положение в Карпатах. В этих внутренних зонах уплотнение материала аллохтонного чехла, возникшего в процессе складко- и покровообразования, произошло в гораздо больших масштабах по сравнению со свободной перемещающейся краевой (предпрогибной) частью орогенного поднятия, каковой являются Бориславско-Покутский и Самборский покровы. На значительно большее уплотнение осадков во внутренних частях Флишевых Карпат, по сравнению с одновозрастными породами их периферии указывает хорошо известный опыт геофизической интерпретации глубины залегания дофлишевого основания по профилю Чоп-Рудки в районе с. Черноголова. Здесь дважды вносились поправки в скорости распространения сейсмических волн (рис. 3), но принятый, в настоящее время вариант глубины залегания дофлишевого фундамента, по нашему глубокому убеждению, не отвечает истинному положению вещей и за кровлю этого фундамента принимается какой-то один из промежуточных уровней плотности флишевого мелового комплекса.

Таким образом, для флишевых зон, занимающих срединное и внутреннее положение во Флишевых Карпатах, соотношение палеобассейна к современной их ширине, по-видимому, может быть принято как 1 : 1,5—2,5. Все это, безусловно, относится только к областям накопления осадков. О безнадежности попыток расчета ширины всего флишевого бассейна, с учетом палеокордильер, говорилось выше.

Отмеченные соображения и приняты в основу составления литолого-фациальных карт, схем палеотектонических режимов и палеотектони-

ческих профилей на палинспастической основе. Не давая описания этих рисунков, ограничимся лишь некоторыми самыми общими замечаниями.

1. Степень достоверности палинспастических палеотектонических построений уменьшается от внешнего края Флишевых Карпат к внутреннему. Одной из основных нерешенных проблем здесь остается история развития Раховской зоны и Яловичорской подзоны, а также юго-восточной части Покрулецкой зоны. Для первой из них все еще спорным является бывшее развитие посленеокомских отложений; для второй — палеогеновых, а для третьей (ее восточной части) — позднемиоценовых. На принятом в настоящей работе варианте показано, что эти отложения здесь не отлагались и причиной такого автономного развития указанных структурно-фациальных зон явилась приуроченность их к внешнему обрамлению Мармарошского кристаллического массива, оказавшего большое влияние на тектонический режим прилегающих районов Флишевых Карпат.

2. В направлении от внешних частей Флишевых Карпат к внутренним уменьшается и степень достоверности в изображении палеокордильер (показанных на схемах и профилях разрывом палинспастической основы). Особенно сложным оказалось обоснование «сквозного» существования кордильер в одинаковой структурной позиции.

3. Палеотектонические и литолого-фациальные реконструкции былых эпох проведены с позиций признания буферной роли Предкарпатского глубинного разлома, представленного Самборской шовной зоной. Это положение является отражением давно высказывавшихся в карпатской литературе представлений о перманентном существовании между платформенным обрамлением и основанием Флишевых Карпат особо развивавшейся зоны, служившей областью сочленения двух диаметрально различных по своим тектоническим режимам геоструктурных элементов: платформы и альпийской геосинклинали. Именно в этой зоне сочленения происходила компенсация разнонаправленных и разнотипных движений в соседних платформе и геосинклинали. Именно в ней, по мнению автора, могли локализоваться мезозойские кислые и даже щелочные интрузивные образования, представленные валунами и нигде не выходящие на поверхность в современном денудационном срезе Карпат.

4. Приводимые схемы, карты и профили составлены с позиций формирования флишевых отложений в условиях перманентно протекавшего погружения и общего медленного сжатия области осадконакопления.

5. Общее сокращение области осадконакопления Карпатской альпийской геосинклинали складывается из эволюционного медленного сжатия в течение мела и палеогена и революционных моментов резкого сжатия в миоцене, из которых наиболее отчетливо выражены три фазы: в поздне-мелу (возможно, захватившая и отнанг), баденская и поздне-сарматская.

6. Анализ всех материалов приводит к твердому заключению о существовании в альпийской истории Карпат двух основных переломных этапов, один из которых, совпадающий с началом мела, привел к резкой перестройке тектонического режима от спокойного полуплатформенного к заложению геосинклинального прогиба, а второй, отвечающий началу миоцена, резко прервал эволюционное течение геосинклинального про-

цесса и привел к формированию на месте permanently прогибавшегося геосинклинального прогиба покровно-складчатого горного сооружения. Первый из этих этапов отвечает общему расширению (растяжению) пракарпатской континентальной коры, а второй — общему сжатию (см. рис. 7).

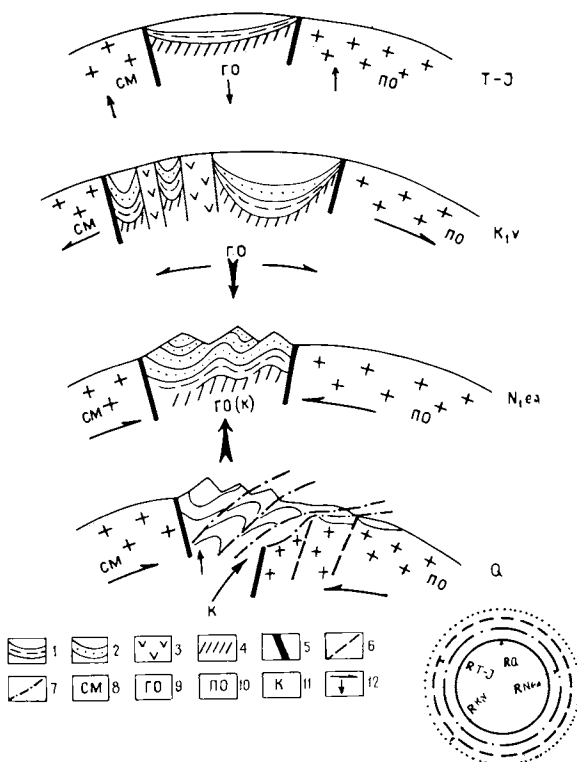


Рис. 7. Схема формирования структуры Карпат по этапам (по Круглову, 1985). Пояснения: 1 — дофлишевые формации; 2 — флишевая формация; 3 — спилито-диабазовая формация; 4 — субстрат геосинклинальной области; 5 — зоны краевых глубинных разломов; 6 — разломы; 7 — надвиги; 8 — (СМ) — срединный массив; 9 — (ГО) — геосинклинальная область; 10 — (ПО) — платформенное обрамление; 11 — (К) — Карпатское горное сооружение, 12 — направление движений.

На врезке условно показано изменение радиуса Земли на разных этапах альпийского цикла (по материалам Карпат).

Что же явилось причиной этого заключительного этапа развития Карпатской геосинклинали, обусловившего возникновение моновергентной покровно-складчатой ее структуры?

Территориальная ограниченность объекта наших детальных исследований, каковым являются сектор Украинских Карпат и их платформен-

ное обрамление, не позволяет нам предметно изложить механизм формирования всей Карпатской дуги. Однако нам представляется оправданным выразить свое отношение к наиболее вероятному механизму возникновения складчатости и покровов в Карпатах, опираясь на анализ литературных данных по этому району и по другим регионам мира.

По сравнению с какой-либо глобальной концепцией, объясняющей историю формирования континентов и океанов, платформенных и геосинклинальных областей и, особенно, дугообразных или кольцевых горных систем сложного покровно-складчатого внутреннего строения, наибольший интерес для дальнейшего прогресса в этом вопросе представляют взгляды Е. Е. Милановского (1978), П. Н. Кропоткина и Л. В. Ларионова (1977), которые на новом материале и на современном уровне общих геотектонических и литолого-формационных представлений дополняют и развивают гипотезу о пульсационном характере тектонических движений, как отражении чередующихся эпох преобладания глобального сжатия и глобального растяжения Земли. Основные положения этой гипотезы разработаны трудами Гребо А., Бэчера В., Обручева В. А., Усова М. А., Каттерфельда Г. Н., Кропоткина П. Н., Хаина В. Е. и некоторых других советских и зарубежных тектонистов.

Увлечение стройной и подкупающей своей простотой гипотезой литосферных плит, заполонившей геологов всего мира в течение последних 15—20 лет, оставило как-то в тени идеи пульсирующей Земли. Однако, как это часто бывает, новые неомобилистические идеи привели к открытию ряда интересных явлений и геологических событий, объяснить которые можно с позиций пульсационной гипотезы. Опуская перечень наиболее интересных и важных новых обобщений по всей фанерозойской истории развития Земли с позиции пульсационной гипотезы, выполненных Е. Е. Милановским и В. П. Казариновым, рассмотрим только вопрос о приложении этих представлений к механизму формирования структуры Карпат, т. е. вопрос о том насколько широко может быть использован механизм пульсационной гипотезы в объяснении природы Карпатской дуги.

Отметим прежде всего безусловный факт принципиальной смены режима развития Карпатской геосинклинали от рубежа юра—мел до позднего миоцена. Этап резкого «рифтоподобного» растяжения континентальной коры пра-Карпат в самом начале мела (и в юре для более внутренних их элементов), с широким проявлением основного вулканизма в их эвгеосинклинальной части, и утонением ее в области миогеосинклинали отвечает эпохе глобального расширения Земли. Этап раннемиоценового складко- и покровообразования и формирования горной системы — эпоха глобального сжатия. Только этих принципиально важных и, как нам кажется, твердо обоснованных положений вполне достаточно для воссоздания механизма тектонической эволюции двух резко различных по истории развития структурных элементов: огромной по своим размерам консолидированной платформы Европы (спаявшейся герцинской Уральской складчатой системой и Сибирскими платформами в единый Евро-Азиатский материк) и неконсолидированной узкой дугообразной

или почти кольцевой молодой геосинклинальной областью Карпато-Балкано-Динарского региона.

Попытки объяснить формирование складчатости и покровов в геосинклинальной области только за счет горизонтальных движений консолидированных плит в эпоху сжатия с позиций новой глобальной тектоники, как мы видели выше, оказались не вполне удачными, противоречащими очевидным фактическим геологическим материалам. Гипотезы дрейфа, как известно, исходят из положения о неизменности величины Земли во все эпохи развития ее коры.

Совершенно иначе обстоит дело с механизмом складко- и покровообразования, если исходить из представлений о том, что Земле, как и любой другой планете Солнечной системы, присуще постоянное развитие, сопровождающееся изменением и размеров, и формы, и скорости вращения. Это, вполне согласующееся с диалектикой, положение подтверждается многочисленными палеомагнитными исследованиями, по данным которых в былые геологические эпохи величина радиуса Земли могла изменяться весьма значительно. Исходя из этого положения, а также фактических данных о длительном и унаследованном характере развития в альпийском цикле и платформенной области и соседней геосинклинали, вырисовывается, как нам кажется, наиболее вероятный механизм их тектонической истории в орогенный этап (рис. 7).

Общее сжатие Земли (неизбежно сопровождающееся уменьшением ее радиуса) привело к «центростремительным» движениям всей земной коры. Однако, реакция на это общее сжатие различных ее участков была резко различной. Все платформенное консолидированное обрамление Карпатской геосинклинали при таком сжатии испытало вертикальное погружение как единый монолитный блок коры, заняв примерно такую же площадь, какую оно занимало и до эпохи сжатия. Вряд ли внутреннее сжатие на платформе было каким-то значительным, так как соседние окаймляющие ее неконсолидированные геосинклинальные области с тонкой корой не служили препятствием для «свободного» ее погружения. В условиях Предкарпатья есть основания полагать, что будучи разбиты системой разломов, ее периферические блоки испытывали даже какой-то механизм растяжения, в результате которого эти блоки были как бы свободно погружены в массу слабо консолидированных отложений геосинклинали. Область же последней, выполненная толщей молодых осадков, при глобальном сжатии могла реагировать на эти сжимающие напряжения лишь пассивно, формируя складки, разрывы сплошности которых приводили к взбросам и надвигам. Маловероятным является предположение о формировании основных покровов Флишевых Карпат и даже покровов отдельных скиб в Скибовом покрове, как эволюции процесса складчатости. Вероятнее всего, что границы основных структурно-фациальных зон-покровов представляют отражение в чехле тех крупных сколов, которым были подвергнуты их дофлишевые основания. Лишь дальнейшие сжимающие напряжения привели к разъединению чехла и фундамента с «засасыванием» отдельных частей последнего по линиям древних разломов в нижние горизонты коры, превращая их со временем в «гранитный» слой корней карпатских покровов.

Таким образом, основной причиной возникновения складчатости и по-

кровного стиля структуры Карпатской дуги с повсеместным общим моновергентным надвиганием в сторону платформенного обрамления является горизонтальная составляющая вертикального погружения платформы при общем уменьшении радиуса Земли. Иными словами, речь идет о давно выдвигавшейся идее поддвига платформенного основания под геосинклиналь, но происходящего не за счет механизма горизонтального движения литосферной плиты Восточно-Европейской и Западно-Европейской платформ, а за счет вертикального ее погружения с уменьшением площади всей земной поверхности. При таком механизме формирования структуры Карпат вполне понятен и общий гравитационный рисунок предкарпатских аллохтонных ярусов складок, как структур, образовавшихся в краевой части геосинклинали в месте активного, если можно так выразиться, «диагонального» поддвига жесткой платформы. Однако гравитационный тектогенез здесь является не причиной покровообразования, а лишь неизбежным следствием любого тектонического процесса, протекающего в условиях расчлененного тектонического рельефа.

С рассмотренных позиций механизма покровообразования в Карпатах не возникает серьезных проблем в объяснении кольцевой их структуры с кольцевой же вергентностью складок и покровов в сторону платформенного обрамления. То есть, то, что является препятствием для гипотезы литосферных плит при объяснении поддвига платформенной плиты под кольцевую геосинклинальную область с образованием кольцевой же вергентности складчатости и покровов, для гипотезы пульсирующей Земли является очевидным следствием.

Моно-, а не дивергентность складчатости и покровов Карпато-Балкано-Динарского региона, видимо, объясняется некоторой спецификой развития Паннонского срединного массива (межгорной впадины) и основания Закарпатского внутреннего прогиба. Они во все доступные для анализа эпохи были отделены от собственно Флишевых Карпат долгоживущей зоной Закарпатского глубинного разлома и его структурными аналогами (за пределами Западных Карпат). Этот разлом, как и Самборская шовня зона (Предкарпатский глубинный разлом), играл буферную роль не только в процессе геосинклинального развития, но и на орогенном этапе. Он является тыльной областью релаксации тангенциальных напряжений, распространявшихся сюда со стороны платформенного обрамления. Это выразилось в резком погружении корней карпатских покровов именно в этом месте, чем, видимо, и обусловлен скачок глубины залегания поверхности Мохоровичича до 20 км. Однако в последнюю — сарматскую фазу складчатости такого тыльного «экрана» оказалось недостаточно и сама область Закарпатского глубинного разлома уже испытала некоторое запрокидывание в сторону срединного массива, образуя слабо выраженную дивергентность карпатской складчатости, а также некоторых частных покровов и во Флишевых Карпатах (например, в Дуклянской зоне).

Заканчивая рассмотрение механизма формирования структуры Карпатской дуги, следует отметить, что с позднего сармата — начала плиоцена Карпаты вступили в новый этап глобального расширения, свидетельством чего являются проявления мощного, преимущественно трещинного вулканизма в Закарпатье, завершившего формирование линейных цепей Ви-

горлат-Гутинской вулканической гряды. На это же указывает горизонтальное смещение реперов до 0,5 см в год при повторных триангуляциях, воздымание поверхности Закарпатского прогиба в голоцене в течение последних 10—15 тыс. лет и некоторые другие данные.

ЛИТЕРАТУРА

- БУРЬЯНОВ, В. Б. — ГОРДИЕНКО, В. В. — КУЛИК, С. Н. и др., 1978: Комплексная геофизическая модель литосферы Восточных Карпат. Геофизический сборник, Наукова думка, 83 с. 3—16.
- ВУЛЬ, М. А. — ПИЛИПЧУК, А. С., 1981: Палеоцен—эоценовый флий северного склона Украинских Карпат — отложения древних морских глубоководных конусов выноса. Геология нефтегазоносных пластовых резервуаров. Наука, Москва, с. 33—42.
- КОРНЕЕВА, В. Г., 1959: Геологическое строение и нефтегазоносность юго-западного Предкарпаття и прилегающей части Советских Карпат. Труды ВНИГРИ (Ленинград), 141, 200 с.
- КРОПОТКИН, П. Н. — ЛАРИОНОВ, Л. В., 1977: Современное напряженное состояние земной коры и механизм возникновения зон растяжения и рифтов на фоне глобального сжатия. В кн.: Основные проблемы рифтогенеза. Наука, Новосибирск, с. 19—25.
- КРУГЛОВ, С. С. — СМЕРНОВ, С. Е. — СПИТКОВСКАЯ, С. М. — ФИЛЬШТИНСКИЙ, Л. Е., — ХИЖНЯКОВ, А. В., 1985: Геодинамика Карпат. Наукова думка, Киев, 136 с.
- МАКСИМОВ, А. В., 1967: Некоторые замечания о тектонике Украинских Карпат. В кн.: Вопросы геологии Карпат. Изд. Львовского университета, Львов, с. 20—27.
- МИЛАНОВСКИЙ, Е. Е., 1978: Некоторые закономерности тектонического развития и вулканизма Земли в фанерозое (проблемы пульсации и расширения Земли). Геотектоника (Москва), 6, с. 3—16.
- РЕЗВОЙ, Д. П., 1976: Советские Карпаты — Канадские Скалистые горы (опыт сравнительного тектонического анализа). Геологический сборник Львовского геол. общ., (Львов), 15, с. 5—17.

Рукопись получена 9 сентября, 1988 г.