

Э. М. ЕВСЕЕВА, Н. С. ДЕМЕДЮК, В. Г. КУЗНЕЦОВА

## О ПРИРОДЕ СОВРЕМЕННЫХ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ДВИЖЕНИЙ ЗЕМНОЙ КОРЫ ВОСТОЧНЫХ КАРПАТ

При изучении природы современных вертикальных движений земной коры (СВДЗК) того или иного региона необходимо учитывать, что медленные тектонические движения наиболее устойчивы и сохраняют долговременный направленный характер. Направленный характер вертикальных движений может быть обусловлен процессами, связанными с изостатическим выравниванием региона, следовательно, необходимо также выполнять оценки его изостатического состояния.

С учетом сказанного в настоящей статье и рассматриваются СВДЗК территории Восточных Карпат. Исходной информацией послужила карта скоростей СВДЗК Карпато-Балканского региона (КБР), составленная в 1979 г. [9]. Согласно этой карте максимальная скорость (+3,0 мм/год) на изучаемой территории соответствует зоне Предкарпатского передового прогиба и уменьшается до +1 мм/год к Восточно-Европейской платформе и к Закарпатскому внутреннему прорибу.

Результаты изучения СВДЗК на территории КБР, приведенные в [8], свидетельствуют о высокой степени унаследованности современными вертикальными движениями неотектонических движений как в целом по КБР, так и для отдельных его структурных единиц, размеры которых составляют  $10^4 \dots 10^5$  км<sup>2</sup>. При этом территория Восточных Карпат осталась вне поля зрения авторов. Для выяснения того, существует ли отмеченная унаследованность для вертикальных движений территории Восточных (Украинских) Карпат, приведем краткую характеристику этапов тектонического развития Украинских Карпат, в результате которых и сформировался их современный рельеф [2, 4].

Неотектонический и орогенный этапы здесь во времени не совпадают, хотя иногда их формально отождествляют. Общепринято, что орогенный этап здесь начался на рубеже палеогена и неогена, когда после инверсии геосинклиналии на месте флишевого трога начала подыматься горная страна. В фронтальной и тыловой частях этого поднятия образовываются предгорный и внутригорный прогибы. Поднимающаяся суши разрушается. Формируется горный рельеф. Материал разрушающихся гор выносится реками в прогибы, где нагромождается в виде моласс.

Анализ характера отложений, последовательности их напластований, возраста и условий залегания в прогибах и ярусности рельефа гор показывает, что орогенный этап происходил стадийно. Выделяется три стадии: ранне-, средне- и позднеорогенная.

**Раннеорогенная стадия (олигоцен—гельвет)** отвечает времени общей инверсии геотектонического режима, в результате которого Украинские Карпаты перешли из области погружений в область поднятий. В начале восходящие движения были замедленными и распространялись в основном по зародышным геоантеклиналям. Несколько позже в поднятия были вовлечены геосинклинальные зоны. В результате этого на месте основной части бывшего флишевого бассейна образовалась устойчивая суши. В периферических частях этой суши продолжались опускания и накапливались молассовые отложения. В средневоротыщенское время наблюдались интенсивные складчатые движения (общекарпатская фаза складчатости), которые привели к формированию сложных структурных форм. К концу стадии интенсивность восходящих движений снизилась. Денудационные процессы привели к выравниванию карпатской суши. Образовалась так называемая полонинская денудационная поверхность выравнивания, занимающая в настоящее время наиболее высокое положение в рельефе Украинских Карпат. Ее абсолютные отметки составляют в среднем 1400 ... 1700 м, относительные колебания — около 900 ... 1000 м.

**Среднеорогенная стадия (тортон—паннон).** Начало стадии знаменовалось новыми активными поднятиями карпатской суши и дальнейшим скачкообразным ее расширением. С этого мо-

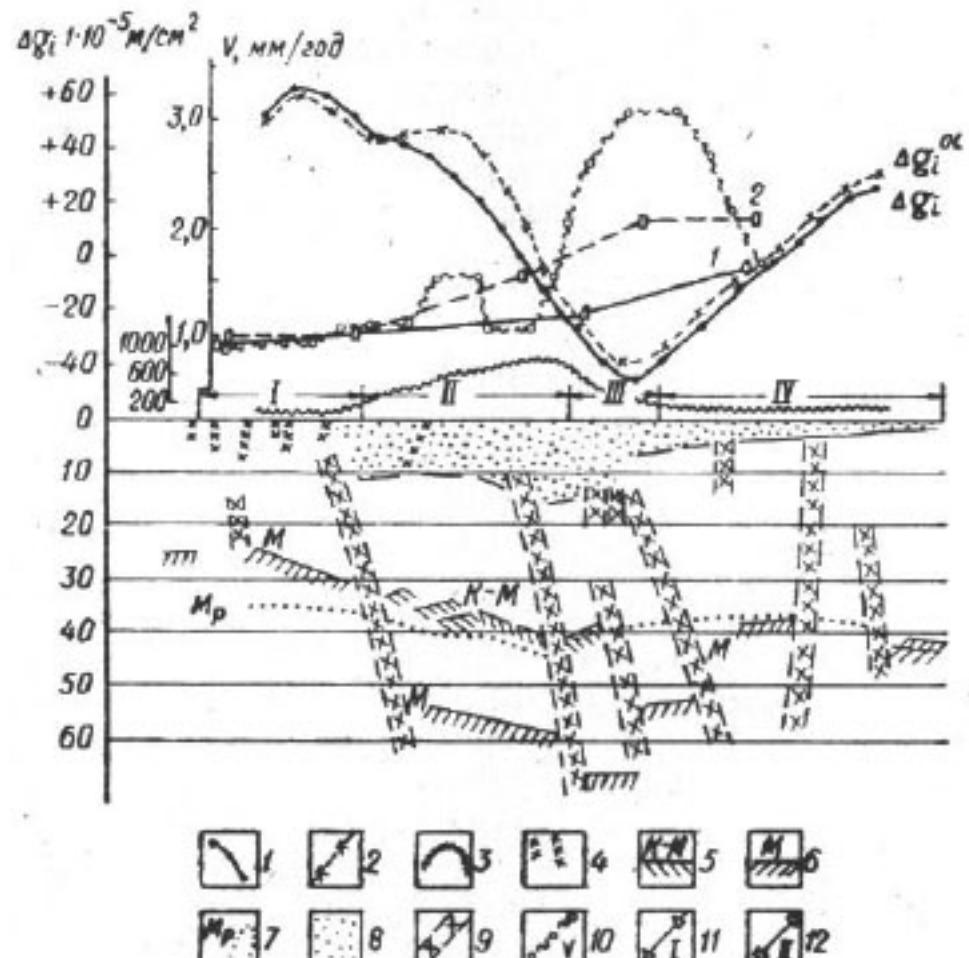
мента к карпатской суше присоединились Покутско-Буковинская зона Предкарпатского прогиба. Одновременно произошла миграция прогибания и смещение бассейна осадконакопления к северо-востоку. В Предкарпатье в прогибание была вовлечена полоса Восточно-Европейской платформы, примыкающая к прогибу. В Закарпатье смещение бассейна осадконакопления происходило в сторону карпатской суши. Складчатость раннетортонского времени наиболее интенсивно проявилась во внешней флишевой зоне Карпат и в Предкарпатье, в Закарпатьском прогибе весьма слабо. Во внешней флишевой зоне она привела к формированию крупных надвигов, в Закарпатье отмечена слабая складчатость, но заметна активизация вулканической деятельности. Вертикальные тектонические движения, начиная со второй половины стадии, несколько ослабели, возросла скорость денудации. Денудационные процессы охватили как выровненные раньше площади (полонинская поверхность), так и вновь присоединенные к Карпатам участки. Это привело к тому, что к концу стадии выработалась бескидская денудационная поверхность выравнивания, занимающая значительные пространства во всех Карпатах. Абсолютные отметки этой поверхности в Бескидах составляют 800...1000 м, на Полонинских массивах — 900...1000 м, относительные превышения соответственно равны 250...400 и 500...600 м.

**Позднеорогенная стадия** (верхний плиоцен—антропоген). Стадия начиналась резко активизировавшимися движениями. В поднятия втянулись все Предкарпатье, а также Солотвинская впадина в Закарпатье, и только Мукачевская впадина отставала в поднятиях. Со временем темп поднятий прогрессировал, контраст рельефа увеличивался. И если в эоплейстоцене еще можно допускать, что формированию приречных поверхностей выравнивания наряду с эрозией немаловажная роль принадлежала и другим агентам денудации, то в плеистоцене заметно преобладала эрозия. В узких речных долинах образовались небольшие серпентины террас. Складчатость, время проявления которой не совсем ясно, выразилась слабо. Большую роль приобрели поперечные разломные дислокации.

Таким образом, видим, что весь орогенный этап нельзя отождествлять с неотектоническим. Неверно также представление, что неотектонический этап — это только одна позднеорогенная (поздний плиоцен—антропоген) стадия. Как было показано выше, неотектонические движения в различных зонах Украинских Карпат начались в разное время; во внутренней флишевой зоне — в нижнемиоценовое время; во внешней флишевой зоне, в Предкарпатском и Закарпатском прогибах — в послесреднеплиоценовое время. Поэтому вопрос об унаследованности СВДЗК от неотектонических движений более сложен, чем это представлялось раньше [3]. Во всяком случае во внутренней флишевой зоне Карпат можно считать, что неотектонические движения унаследованы с нижнего миоцена, во внешней флишевой зоне, Предкарпатском прогибе и Солотвинской впадине

Закарпатского прогиба — с верхнего плиоцена, в Мукачевской впадине Закарпатья — с голоценом.

Для выяснения вопроса, связан ли характер современных вертикальных движений Украинских Карпат с изостатическим выравниванием, выполнены оценки изостатического состояния главных структурных единиц (блоков) этой территории на основе изостатических аномалий силы тяжести. Для уточнения степени осуществления изостазии в карпатских блоках учитывалась также компенсация осадочного слоя коры, мощность которого на изучаемой территории изменяется от 5...6 до 19...20 км, а плотность осадочных пород от 2,5 до 2,8 г/см<sup>3</sup>. Изменение изостатических аномалий вдоль восточной части II геотраверса [7], пересекающего Восточные Карпаты, в уточненном и классическом вариантах показано на рисунке. Как вид-



Изостатические аномалии и скорости СВДЗК вдоль карпатской части геотраверса II (сейсмологический разрез по В. Б. Соллогубу, А. В. Чекунову [7]):

1 — изостатические аномалии; 2 — изостатические аномалии, исправленные за компенсацию осадков; 3 — поверхность видимого рельефа; 4 — мелкие разломы; 5 — молодая граница Мохо в районе Карпат (коромантинский комплекс); 6 — поверхность Мохо; 7 — граница скомпенсированного рельефа  $M_p$ ; 8 — осадочный слой; 9 — глубинные и другие крупные разломы по данным ГСЗ; 10 — скорости современных вертикальных движений ( $V$  мм/год); 11 — тренд I поля скоростей СВДЗК, ответственный за более глубинные процессы и более ранний этап развития региона; 12 — тренд 2, ответственный за неотектонический этап развития. Тектонические регионы: I — Закарпатский прогиб; II — Складчатые Карпаты; III — Предкарпатский прогиб; IV — Волыньско-Подольская плита.

но из рисунка, аномалии  $\Delta g_i^{\text{oc}}$ , вычисленные с учетом компенсации осадочных толщ, мало отличаются от таковых  $\Delta g_i$  классического варианта. Здесь следует отметить, что подобные оценки компенсации осадочного слоя коры в других регионах приводили к существенному изменению минимумов гравитационных аномалий [1], что свидетельствовало о значительном вкладе осадочных пород в гравитационный эффект изостатически неуравновешенных масс.

Появление изостатических аномалий возможно по трем причинам: нарушение изостатического равновесия; плотностные неоднородности в коре; вероятное несоответствие принятой изостатической модели реальному строению масс региона.

Возникает вопрос, какая же из указанных причин обуславливает существование аномалий ( $\sim +60 \cdot 10^{-5} \text{ м/с}^2$ ) в Закарпатском прогибе и ( $\sim -50 \cdot 10^{-5} \text{ м/с}^2$ ) в Предкарпатском прогибе? Чтобы ответить на него, рассмотрим соотношения между характером изменения изостатических аномалий, рельефом земной поверхности и строением земной коры на изучаемом участке геотраверса (см. рисунок). Очевидно отсутствие корреляции между поведением рельефа и изостатическими аномалиями. Вместе с тем изменение последних хорошо согласуется с характером изменения границы Мохо ( $M$ ). Максимум отрицательной изостатической аномалии соответствует блоку с наибольшей мощностью земной коры ( $\sim 65 \text{ км}$ ), положительная изостатическая аномалия — блоку с тонкой корой ( $\sim 25 \text{ км}$ ). Граница скомпенсированного рельефа ( $M_p$ ) на территории Складчатых Карпат и Предкарпатского прогиба совпадает с сейсмическим горизонтом  $K-M$ . Этот горизонт подобен по своим отражающим свойствам разделу  $M$  и трактуется [7] как молодая граница Мохо, образование которой связано с глубинными процессами альпийского геотектонического цикла. Раздел  $M$ , как известно, более древний и сопоставляется с раннепротерозойским разделом  $M$  Восточно-Европейской платформы. Отсюда следует, что современный рельеф Карпат практически скомпенсирован, а отрицательная изостатическая аномалия здесь связана с комплексом пород в основании коры, который, по-видимому, является корнем древних горных сооружений. Подтверждением такого вывода служат оценки глубин источников наиболее интенсивных аномалий Предкарпатского и Закарпатского прогибов, выполненные до и после учета компенсации осадочных толщ (см. таблицу).

Как видно из приведенных результатов, источник региональной отрицательной изостатической аномалии, полученной с учетом компенсации осадочных отложений, расположен гораздо ниже границы компенсации видимого рельефа, что свидетельствует о существовании здесь крупной плотностной неоднородности в низах земной коры. Отсутствие сейсмичности на территории Складчатых Карпат и Предкарпатского прогиба, которая свидетельствует о нарушении изостатического равновесия, незначительные скорости СВДЗК и нормальный тепловой поток

не позволяют объяснить указанную аномалию существенным нарушением изостазии в этой части региона, вызванным активизацией тектонических процессов. Поэтому отрицательная изостатическая аномалия связана с историей геологического развития пра-Карпат, а положительные скорости СВДЗК с выравниванием корней этих древних горных сооружений.

Совершенно иная картина наблюдается на территории Закарпатского внутреннего прогиба, где распространены положительные изостатические аномалии.

В этой части региона граница скомпенсированного рельефа лежит ниже границы  $M$ . Следовательно, изостатическое равновесие здесь также нарушено и для его восстановления скорости СВДЗК должны быть отрицательными. Это область современной тектонической активизации, что подтверждается сейсмичностью этой территории, аномальным тепловым потоком и, как отмечено выше, контрастными новейшими движениями. Однако современные вертикальные движения имеют незначительные скорости и положительный знак.

Возможно, они являются результатирующей двух сил: изостатических (отрицательных) и тектонических (положительных), обусловленных «всплытием» крупного астенолита (источника тепла) под районом Большой Венгерской впадины, наличие которого предполагает полиморфно-адвекционный механизм образования структур Карпатского региона [7]. Существование этого глубинного источника тепла создало условия, благоприятные для образования зон частичного плавления в гранитном слое и в основании коры Закарпатского прогиба, что подтверждается наличием здесь зон повышенной электропроводности и сейсмических волноводов. По-видимому, с данными процессами связаны глубины источников положительных изостатических аномалий Закарпатского прогиба (см. таблицу).

На основании изложенного выше можно полагать, что характер современных вертикальных движений Предкарпатского прогиба унаследован от более древних движений, вызванных глубинными процессами, обусловленными изостатическим выравниванием плотностной неоднородности в низах коры, образовавшейся в раннепротерозойское время ( $\sim 2000 \dots 2500$  млн. лет назад). По оценкам, выполненным в [5], скорость изостатического выравнивания Предкарпатского прогиба может составить  $V = +2,6$  мм/год (на карте СВДЗК [9] для этой территории  $V = +3$  мм/год). Как отмечалось выше, унаследованность неотектонических движений здесь отмечается с верхнего

### Глубины источников изостатических аномалий Восточных Карпат

Интенсивность аномалии в эпицентре $\Delta g_i$	Глубина источника, км	
	до учета компенсации осадков	после учета компенсации осадков
Предкарпатский прогиб ( $\sim -46 \times 10^{-5}$ м/с <sup>2</sup> )	46	60
Закарпатский прогиб ( $\sim +60 \times 10^{-5}$ м/с <sup>2</sup> )	21	15

плиоцене ( $\sim 1 \dots 1,5$  млн. лет). Поэтому, возможно, здесь происходит некоторое наложение более молодых движений на более древние. СВДЗК Закарпатского прогиба вызваны активными тектоническими процессами, связанными, по-видимому, с зарождением глубинного источника тепла в палеогене (40...60 млн. лет.). Поэтому для этой территории, а также для Складчатых Карпат об унаследованности неотектонических движений современными можно говорить более уверенно.

Для уточнения такого истолкования природы вертикальных движений Восточных Карпат проанализированы скорости СВДЗК с учетом трендовых процессов, установленных для этой территории на основании статистического и геотектонического анализа поля скоростей СВДЗК КБР [6]. Здесь выявлены два трендовых процесса, связанных, по-видимому, с двумя этапами геотектонического развития КБР: ранним (первоначальным), наметившим главную тенденцию развития морфологии земной поверхности, и более поздним, когда сформировались уже основные геоморфоструктурные единицы и который можно отождествить с неотектоническим этапом. На рисунке эти составляющие изображены в виде линий I и II, кривая представляет современные вертикальные движения КБР согласно [9]. Как видно, тенденция движений сохранилась от более раннего этапа развития региона к более позднему. При этом скорость вертикальных движений территории, соответствующей Предкарпатскому прогибу, за весь период геологического времени была максимальной, в Закарпатском прогибе она оставалась в пределах 1 мм/год. Таким образом, анализ трендовых процессов и сопоставление их с неотектоническим этапом развития Украинских Карпат и с СВДЗК качественно подтверждает мнение об унаследованности современными вертикальными движениями неотектонических на этой территории.

1. Артемьев М. Е. Изостазия территории СССР. М., 1975.
2. Гофштейн И. Д. Неотектоника Карпат. К., 1964.
3. Гофштейн И. Д., Сомов В. І., Кузнецова В. Г. Вивчення сучасних рухів земної кори в Карпатах. К., 1971.
4. Демедюк Н. С. Об орогенном этапе развития Украинских Карпат. Четвертичный период 16. К., 1976.
5. Евсеева Э. М. Некоторые результаты изучения изостазии на территории Карпатского региона // Материалы XI конгр. Карпато-Балканской геол. ассоц. Геофизика. К., 1980. С. 96—103.
6. Евсеева Э. М., Киричук В. В. Статистический анализ поля скоростей современных вертикальных движений земной коры Карпато-Балканского региона и активные глубинные структуры. К., 1986. С. 20. Рукопись деп. УкрНИИНТИ, № 256-Ук. 86.
7. Соллогуб В. Б., Чекунов А. В. Результаты глубинного сейсмического зондирования. Украинская Советская Социалистическая Республика // В. кн.: Строение земной коры Центральной и Юго-Восточной Европы. К., 1978. С. 182.
8. Magnitsky V. A., Grachev A. E., Kalashnikova I. V., Bronguleev V. V. Recent vertical crustal movements of the Carpathian Balkan region and their relationship with neotectonic movements and Geophysical fields. A. Veröffentlichungen des Zentralinstituts für Physik der Erde. 1985. № 81. Teil III. S. 113—123.
9. Joo I. (Ed) The map of recent vertical crustal movements of the Carpathian-Balkan region. Budapest, 1979.

Статья поступила в редакцию 14.04.87