



Критични бележки върху работата на Иван Димитров „Нова хипотеза за произхода на Подбалканските низини“ – отговор на автора

Благодаря на колегите от Софийския университет за проявения интерес към публикацията ми. Убеден съм, че дискусиата е най-добрият начин да се достигне до научна истина. Затова и ще се опитам да отговоря обективно на отправените от тях въпроси и критики. Още в началото искам да ги уверя, а също да уверя и читателите, че гледам на предложения в публикацията ми модел като на хипотеза, а не като на доказан факт. Тази хипотеза обаче е твърде значима, за да бъде пренебрегвана. Убеден съм, че могат да се намерят голям брой независими геоложки доказателства в нейна подкрепа.

Защо бе написана тази публикация?

До 2009 г. включително, Подбалканските низини (или котловини), а и всички останали континентални басейни в България, са наричани грабени даже от авторитетни изследователи. Грабеният механизъм на формиране на тези басейни обаче не е доказан. В световната литература са известни много механизми за формиране на континентални басейни (напр. Ingersoll, 1988; Einsele, 2002 и др.). Наричайки тези басейни грабени ние влагаме в тях генетично значение, което още в зародиш затормозява критичния анализ на формирането им. Честото употребяване на термина грабен е и сигурно доказателство, че повечето изследователи изобщо не се замислят за механизма на формирането на тези басейни, а прилагат автоматично една стара терминология. Без да решим проблема с произхода на континенталните басейни в България не можем да развием надеждна плейт-тектонска схема за територията на страната и за съседните терени.

За какво става въпрос в работата ми?

В работата бе приложен линеаментен анализ на цифров топографски модел, в резултат на който бе установено, че линеаментите се групират в системи, които лесно се съгласуват с риделов модел на срязване. Главните риделови срязвания съответстват на границите на Подбалканските басей-

ни. Наблюдаваното у нас линейно подреждане на няколко басейна с повтаряща се симетрия се съгласува със значително количество експериментални и теренни данни, описващи басейни на разтягане от отседен произход (pull apart basins, strike slip basins) (напр. Atmaoui, et al., 2006).

Като цяло, в подкрепа на отседния произход на басейните според мен могат да се изброят следните факти:

1. симетрията на Подбалканските басейни, съвпадаща с риделовата разломна геометрия и риделовата схема на формиране на отседни басейни;
2. фактът, че регионално литотектонският тренд (регионалните граници на скалните формации) приблизително следва ориентацията на разломната зона;
3. ориентацията на гънките в Балканската отседна зона;
4. стъпаловидното отместване на Черноморския шелф;
5. стратиграфските различия между Странджанската зона (СЗ) и Източния Балкан (ИБ). Липсата на Долна Креда и наличието на метаморфни скали в СЗ означава, че тя се различава твърде много по своята еволюция от Източния Балкан, което навежда на мисълта, че СЗ и ИБ са тектонски съпоставени.

Изброените 5 параметъра имат голяма регионална тежест. Вангелов и др. изказват критики основно върху методическия подход. В публикацията ми е разгледан само първият от изброените по-горе аргументи, а именно – риделовият характер на линеаментите и неговото съвпадение с геометрията на басейните. За останалите 4 аргумента само е споменато. Тези аргументи могат да се анализират само в контекста на цялостното натрупване на геоложка информация от началото на 20-ти век до сега. Събирането на основните данни за този район вече е направено и отразено в документи, съставени с участието на множество геолози. Имам предвид данните, използвани за съставянето на тектонските карти на България (напр. Йовчев, 1975) и на картите в мащаб 1:100 000.

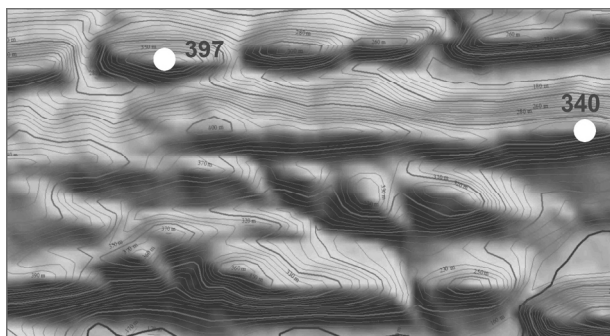
Без съмнение могат да се намерят и аргументи срещу изложената от мен хипотеза. Такива аргументи обаче, могат да бъдат изведени само на базата на локални наблюдения, а не въз основа на регионалната картина, която е в полза на предложения от мен модел. Локалното и регионалното не винаги съвпадат в разломната тектоника, за което ще спомена по-надолу в текста.

Коментари и отговори

Някои от бележките на Вангелов и др. нямат отношение към линеаментния рисунък, който е в основата на работата ми, затова ще се концентрирам върху тези техни коментари, които според мен имат пряко отношение към линеаментния рисунък и хипотезата за отседния произход на Подбалканските басейни:

1. *Производни на ЦМР. Линеаментният анализ не се базира директно на ЦМР, а на негови производни: това са различно осветен релеф (shaded relief), карта на наклон на склона и др. Специализираният анализ показва, че за най-коректни и резултатни анализи е необходима комбинацията от няколко производни (Smith, Clark, 2005), а също така, че използването на осветен само по едно направление релеф води до силно изкривяване на резултатите (т. нар. azimuth biasing).*

Отговор. Смятам, че анализът не е компрометиран от използването на осветен топографски модел. Използваните от мен теренни данни са базирани на радарна снимка и чрез тях може да се генерират доста точни топографски контури на релефа, които не зависят от осветяването. На фиг. 1 е показан осветен топографски модел и генерирани от същия този модел топографски контури за район, разположен югозападно от Велико Търново. Вижда се, че топографските контури доста добре описват релефа на осветения модел. С малки кръгове са показани местоположе-



Фиг. 1. Цифров топографски модел (SRTM 90) с генерирани върху него топографски контури. Вижда се съпадението на „осветените“ релефни форми и генерираните от радарния образ топографски контури. Генерираните контури съвпадат и с „реалните“ топографски контури на района. Разстоянието между коти 397 и 340 е 3,8 km. Районът, показан на фигурата е разположен югозападно от Велико Търново.

нията на коти от съществуващата триангулационна мрежа на България. В действителност топографията, генерирана от цифровия модел и топографията на България от наличните топографски карти в мащаб 1:25 000 и 1:50 000 съвпадат доста добре. За целите на проведените от мен анализ точността на цифровия модел е повече от адекватна. Държа да подчертая, че дори и да има пренебрегване в някаква степен на сръзванията със север-южна посока, то то е незначително, а и не може да промени съществено модела, тъй като такива сръзвания трябва да има съгласно същия модел (напр. Tchalenko, 1970).

2. *Една от най-съществените критики към предложението за подход е възприемането на всеки линеамент за разломно нарушение. Несъмнено това е забележителен в световната практика подход, но за неговото утвърждаване авторът следва да изложи необходимите сериозни аргументи.*

Отговор. В текста ми никъде не е написано, че възприемам всеки линеамент за разломно нарушение. В действителност някой от линеаментите може и да не са разломи, а релефни форми, формирани от избирателна ерозия. Избирателната ерозия на по-меки пластове може да даде удължени релефни форми, особено в случая с Балкана, където ориентацията на гънковите шарнири приблизително съвпада с ориентацията на главното сръзване.

Доказването или дори изследването на разломния произход на всеки от линеаментите е невъзможно поради липса на разкритост, неизяснена стратиграфия, недостатъчно изяснена гънкова геометрия, заблуждаващи (неверни) геоложки граници, нанесени върху съществуващите карти и др. причини. Именно затова се прилага дисанционният линеаментен анализ. Може обаче да се направи обоснован извод, че повечето от линеаментите имат разломно произход и че в една или друга степен са станали арена на диференцирани премествания. Диференцирани движения между пластове има дори само, ако се отчете флексурното нагъване, което е преобладаващият деформационен механизъм в изследвания район.

3. *Дали може от карта на предполагаемите разломи да се определи кинематиката на сръзванията и ориентировката на напреженията?*

Отговор. Риделовият модел се проявява при определена ориентация на напреженията. Ако статистическата ориентация на линеаментите е достатъчно издържана и съответства на риделова система, не мисля, че представлява проблем да се посочат посоките на главните напрежения и да се изведе напрежението на преместване на веществото.

4. *Завършваме тази част с един съществен коментар. Считаме, че прилагането на базирани на радарния модел на релефа (SRTM) анализ и лансирането на тектонски модел без теренни изследвания е твърде спекулативно, но*

все пак допустимо за изключително трудно достъпни или напълно непознати територии (прим. Grohmann et al., 2007).

Отговор. Прилагането на линеаментния анализ е обосновано не само за трудно достъпни райони. То се прави за всички райони и то не само за да се реши проблема с достъпа, а и за да се добавят наблюдения в различен мащаб. Това, което се вижда под микроскоп, не се вижда с просто око. Това, което се вижда от сателит също не се вижда с просто око.

5. Изучаването на тези геоложки обекти и особено лансирането на нови хипотези изисква прилагането на добре обоснована методика, комплексен подход и последователност на прилагане на изследванията, а не само „анализ на формата на басейните и линейните елементи на ЦМР“. На първо място това са теренните изследвания, които дори при наличието на всички съвременни подходи и технологии, все още представляват най-достоверния и информативен източник на данни за установяване на кинематиката на разломните нарушения, морфологията и геометрията на разломните системи, елементите от по-нисък порядък, както и ориентировката на полетата на напрежение. Още повече, че в конкретния случай обектът на изследване е лесно достъпен и достатъчно информативен. Често в практиката се налагат и допълнителни изследвания като микроструктурният и различните видове анализи на разломни зони и приразломни скали.

Отговор. Нееднократното споменаване от Вангелов и др., че анализът не е подкрепен с теренни данни, е едно твърде некоректно внушение. Анализът представя един факт. Други анализи ще представят други факти. Анализът има стойност с или без подкрепата на теренните данни. Този анализ се прави именно защото теренните данни не са достатъчни за да се види регионалната картина или за да се допълнят теренните данни с наблюдения в друг мащаб.

Вангелов и др. казват: „Още повече, че в конкретния случай обектът на изследване е лесно достъпен и достатъчно информативен.“

Твърдя, че обектът на наблюдение е недостъпен. Както вече казах, анализът се прави за да се проведат наблюдения в мащаб, който не е достъпен при теренните изследвания. На терена не може да се установи нито произхода, нито кинематиката на повечето от линеаментите. Ако това беше възможно, то щеше вече да е направено. Векторът на истинското преместване по разломите се определя чрез локализиране върху разломната плоскост на точка на пронизване, получена от пресичането на два некопланарни маркера. Такива данни има само за някои много добре проучени минни обекти, но не и за района като цяло.

6. Регионални изследвания от такъв тип изискват и използването на геофизични данни – карти на разпределението на геомагнитни анома-

лии, дебелина на кората, разположение на хидротермални прояви, данни за сеизмична активност, сеизмични профили и др.

Отговор. Линеаментният анализ по SRTM90 не изисква изброените от Вангелов и др. данни, но цялостното решаване на проблема с произхода на Подбалканските басейни действително изисква такива данни. Надявам се, че когато се направи интегрирана компилация от изброените от авторите данни, ще бъдат използвани и данните от линеаментния анализ.

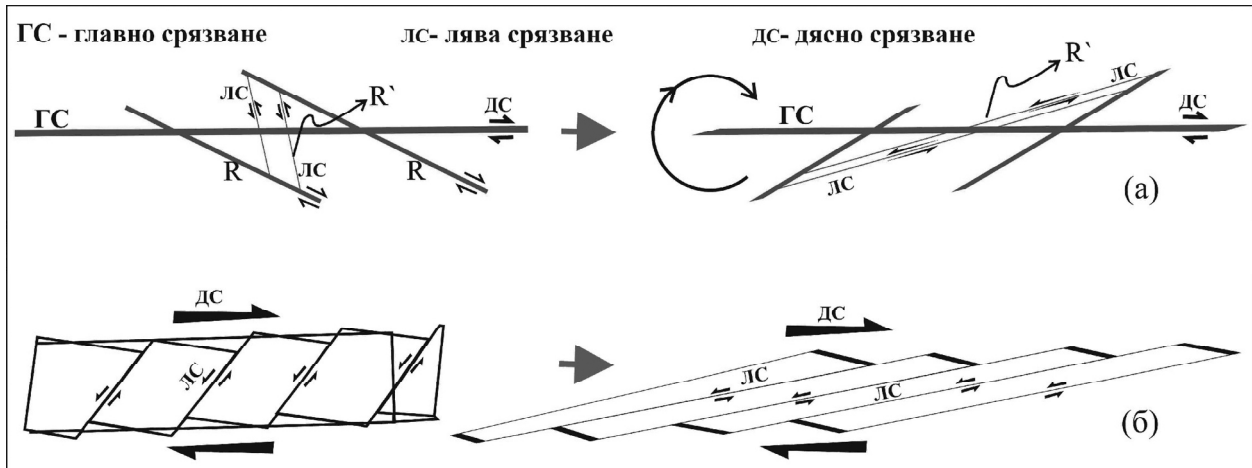
7. В същото време в текста на коментиранията статия са цитирани „по-регионални“ интерпретации с примери за отседния контрол при „издигането“ на Карпато-Балканската дъга, Алпо-Хималайския пояс, Кордилери, Анди. Явно, според авторът, досега тези процеси са останали незабелязани от поколения геолози, работили на територията на България и първа трябва да се осмислят, независимо, че съществуват десетки публикации по темата.

Отговор. Не отричам работата на поколенията геолози. Обръщам внимание на факта, че грабеновият механизъм на формиране на Подбалканските басейни не е доказан. Тоест, че има сериозно основание да се смята, че тези басейни не са грабени.

8. За повечето читатели вероятно не е тайна, че това са две тектонски зони (Централният и Източният Балкан) с различни характеристики и еволюция, оформени много преди да се „образуват Подбалканските низини“. Първата показва белези на параавтохтонна гънково-навлачна постройка, свързана със срязване на подложката или т.нар. *thick-skinned thrusting*, а втората определено с характер на лявоотседна постройка, гънково-навлачна постройка със срязване на покривката – *thin-skinned thrusting* (Doglioni et al., 1996; Sinclair et al., 1996; Blunt, Vangelov, 1997; Vangelov, 2006)... При описването на своя модел Димитров съзнателно или не също така е пропуснал да коментира Янтренския, Белопапанския (Птичевски) и Лекарнишкия разломи, които са с лявоотседна кинематика.

Отговор. След като, според самите автори, тектонските различия между Централния и Източния Балкан за зародени „много преди да се образуват Подбалканските низини“, защо трябва да дискутирам тези различия в работа, която е посветена на геометрията на линеаментите и на Подбалканските басейни? Бих дискутирал тези проблеми в друга публикация.

Изобщо не отричам наличието на лявоотседни срязвания. Убеден съм не само, че леви срязвания има, а че са задължителни за всяка дясноотседна риделова система (фиг. 2). От значение е обаче да се установи ранга на споменатите от Вангелов и др. структури. Те първоразредни ли са или са подчинени на кинематиката на структури от по-висок ранг? По повдигнатия въпрос за смяната на отседната кинематика от дясноотседна за Централния Балкан до лявоотседна



Фиг. 2. Ориентация на синтетичните и антигетичните срязвания в системи на дясно срязване
 а – схема на риделови срязвания; б – домино модел (напр. Mandl, 1987)

При прогресивната деформация всички срязвания ротираат като в различна степен променят ориентацията си. В дясната част на схемите е показано изменението на ъгъла, който различните разломи сключват с направлението на главното срязване вследствие на наложено прогресивно просто срязване.

в Източния Балкан мога да изложат следните аргументи: очевидно е, че в районите на Айтос и Долни Чифлик се наблюдава лявоотседно ешелониране на гънки (напр. Йовчев, 1975; Blunt, Vangelov, 1997). Мащабната смяна на знака на срязване не е логична, освен ако не се допусне, че ляво- и дясноотседните структури са с различен ранг или че са формирани по различно време. От гледна точка на линеаментния модел, лявоотседната симетрия на гънките в Източния Балкан може да се обясни и без смяна на регионалния знак на срязване. Ако приемем, че регионалната деформация се осъществява по блоков (домино) модел, то ориентацията на лявоотседно ориентирани гънки от Източния Балкан може да се обясни с формирането им под влиянието на второразредни двойки сили, подчинени на главното срязване (фиг. 3). Блоковият модел за този район е твърде вероятен, тъй като граничните условия на деформация се определят от няколко мощни линеамента с посока изток–запад, които ограничават блоковете. Подобни линеаменти има западно от Слънчев бряг, по долината на Камчия и западно от Варна. Същевременно се наблюдават и линеаменти, като тези по Фъндъклийска река или река Двойница, които имат посока 70–75° СИ и могат да отразяват леви срязвания от по-нисък порядък, така че да се осъществи деформационният механизъм, показан на фиг. 3. При съществуващото натрупване на геоложки данни реалността на блоковия модел може да се провери, но това трябва да е предмет на друга публикация.

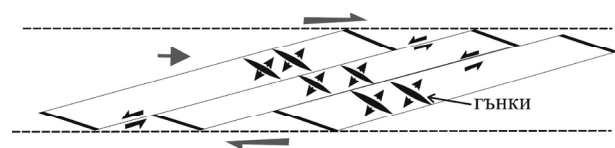
9. Същевременно авторът влиза в явено противоречие със себе си като твърди, че дълбочинните отседи, контролиращи издигането на Балкана и съответно съвременния релеф, са

„погребани под кластичните наслаги на Подбалканските низини“.

Отговор. Тук няма противоречие. В повечето големи континентални разломни зони почти никъде не се наблюдават деформационните зони на главните срязвания, защото са погребани от седименти. Тоест не се наблюдават разкрития с катаклазити или милонити, за които можем със сигурност да твърдим, че са на главното срязване. Почти винаги се наблюдават разломи от по-нисък ранг. Големите разломни зони представляват плетеница от срязвания, формирани в различно време и ротиращи спрямо първичното си положение. За някои от тях посочката на срязване се е променяла неколкостранно, тоест редували са се импулси на дясно и ляво срязване. Върху много от големите разломни зони има разположени удължени депресии, които са запълнени със седименти, така че срязванията не се наблюдават директно.

10. Оказва се, че корелативните седименти на денудационните форми в Балкана са по-млади от контролиращите ги разломни движения.

Отговор. В това няма логика. Според мен, ако разломът контролира издигането на земекорен блок, то екзогенните земни процеси ще предизвикат ерозия, при която в подножието на из-



Фиг. 3. Регионална дясноотседна зона, в която гънките са ешелонирани съгласно лявоотседна кинематика

дигнатия блок ще се натрупат кластични седименти, каквито има и в наносните конуси. Наносният конус е синхронен или по-късен от разломното движение.

11. *Напълно са игнорирани данните от фокалните механизми на земетръсите (Van Eck, Stoyanov, 1996; Kotzev et al., 2006), които ясно индикират, че кинематиката на съвременните движения е доминиращо разседна. Практически се игнорират и данните от GPS измерванията.*

Отговор. Публикацията ми бе посветена на линеаментния рисунък. Тя не е преглед на всички възможни данни. Коментирал съм накратко GPS данните. Те привидно не подкрепят модела, предложен в работата ми, но това не значи, че моделът не е верен. За данните от GPS изследванията не знаем много неща. Например, не знаем до каква степен те отразяват постколизийна релаксация на напреженията от регионален мащаб или пък гравитационно разтягане в горните части на издигнатите блокове. Риделовият модел изисква разместване на фундамента, разположен под младите седименти, а за тези размествания GPS данните не могат да кажат нищо директно.

12. *Съгласни сме с автора, че в т.нар. от него бордове на планината има разломни нарушения, които очевидно са и добре геоморфоложки изразени. Това са затъващи най-общо към юг, полегати (20–30°) неотектонски разломни зони. Разседната им кинематика е потвърдена от наличието на паралелна до леко косо разположена на страната на разломните плоскости стриационна линейност, както и от присъствието на някои синкинематични критерии.*

Отговор. Стриациите отразяват само последните, най-млади премествания. Те имат много слаба способност да се съхраняват в геоложкото време. Смятам, че кинематиката трябва да се доказва с отместени стратиграфски маркери, но дори и този случай разседният компонент на преместванията бива преекспониран в сравнение с отседния. Далече съм от мисълта, че разседни компоненти на разместванията няма. Наличието на гънки със субвертикални оси (напр. Антонов, Желев, 2001) е по-мащабен критерий за отседна тектоника.

13. *Така наречените от автора „коси“ разломни зони от типа на Елашките отседи (Петров, 2005) са пряко свързани с къснокредната тектонска и магматична еволюция на областта на Златишка Стара планина.*

Дори времево, едва ли е коректно подобни разломи с ориентировка 120–140° да бъдат генетично свързани с неотектониката в южните склонове на Балкана (все пак става въпрос за времеви интервал от порядъка на 80 Ма). Освен ако авторът не иска да възроди идеята за дългоживеещите дълбочинни разломи, но тогава неудобството в интерпретацията му идва от факта, че липсват палеогенски и миоценски седиментни басейни, свързани пространствено с изследваните от него разломни нарушения.

Отговор. Не смятам, че всички коси разломи са къснокредни. Сигурно има и по-млади. Не съм съгласен и с внушението, че разломи на 80 Ма ще запазят една и съща ориентация през геоложкото време и то в обстановката на Балканския ороген. Ако обаче те биват реактивирани или ротирали в днешното си положение, то това е съвсем приемливо от гледна точка на модела, който представям.

Липсата на „палеогенски и миоценски седиментни басейни“ не е слабост на модела. Никъде в текста не съм писал, че Подбалканските басейни са с кредна или палеогенска възраст. В модела е дискутирана симетрията на басейните, а не тяхната възраст. Очевидно е, че са млади образувания.

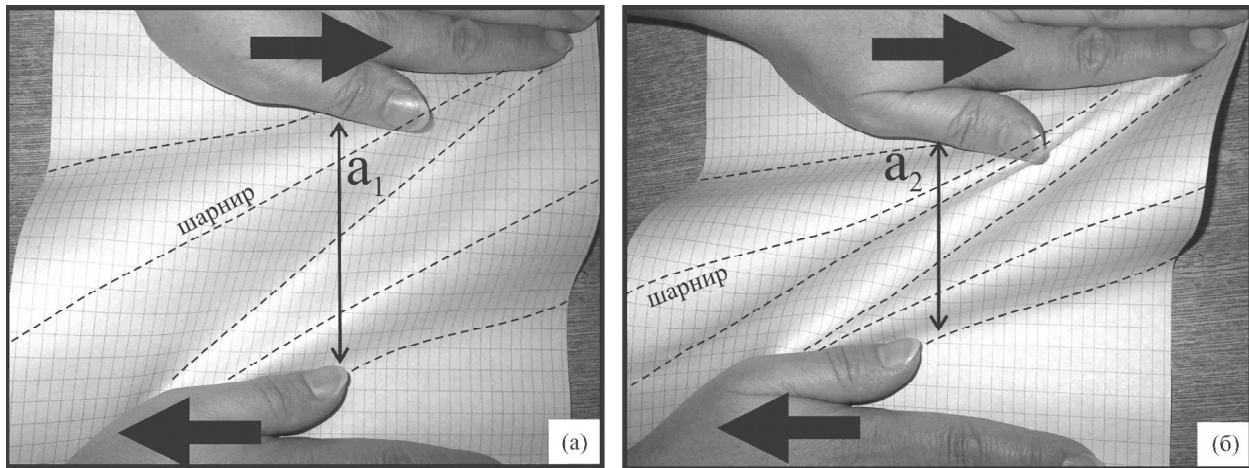
Дълбоко съм убеден, че има дългоживущи разломни зони. Освен това е очевидно, че по характер на метаморфизъм, магматизъм и нагъвателни движения Северна България се различава значително от територията на юг от Подбалканските басейни. Очевидно има някаква граница и при всички случаи тази граница разделя скали с различна еволюция.

14. *Едва ли гънките с изток-западни шарнири от Родопската, Странджанската или други съседни на посочения в хипотезата на Димитров район на изследване е коректно да бъдат разглеждани като генетично свързани и продукт на единна тектоника.*

Отговор. Територията на България е много малка. Очевидно в Южна България има различия във времето на формиране и геометрията на различните тектонски продукти, но се разпознават и доста общи неща, особено що се отнася до Алпийските деформации.

15. *Недопустимо е в едно изследване с претенциите за „нова концепция“ да бъдат ползвани и представяни като оригинални чужди материали, без да бъде цитиран първоизточникът на информацията. В конкретният случай визуираме фиг. 4 от коментираната работа, която е заимствана от статията на Tavarnelli et al. (2004, Fig. 14). Съвсем очевидно е, че въпросната триизмерна схема за развитие на гънки в лява транспресионна обстановка е копирана и огледално трансформирана (за да отговаря на предложението от автора дясноотседен модел).*

Отговор. Както и Вангелов и др. са забелязали, фигурата е преработена чрез огледално трансформиране. Тя не е използвана в контекста на оригиналната публикация на (Tavarnelli et al., 2004). Тази фигура е схематична. В нея няма нищо оригинално, тъй като моделът на wrench folding (торзионно нагъване, нагъване чрез срязване) е разработен отдавна и усвоен в много публикации и учебници (напр. Moody, Hill, 1958; Odonne, Costa, 1993 и др.). Голяма част от българските геолози интуитивно схващат нагъването като продукт на чиста компресия. Това е една от главните причини отседният рисунък на разломната мрежа досега да не е свързан с нагъването у



Фиг. 4. Срязване на лист от хартия с образуване на гънки

В процеса на срязване разстоянието между ръцете на експериментатора се променя, като ръцете се сближават $a_1 > a_2$

нас. Фигурата е приложена за да илюстрира именно този проблем, а не защото в нея е вложено значение, заимствано от публикацията на Tavarnelli et al. (2004). Със същия успех могат да се използват и много други схематични фигури от публикации и книги, които имат същото значение (напр. Fig. 10 от Williams et al., 1995). Напълно съм съгласен, че е по-правилно да бъде цитиран източникът на фигурата, с коментар, че е преработена.

16. Според него, напречното свиване на обема (press-компонентата на триизмерната транспресивна система) е директен резултат от простото срязване! Интерпретация, която би изненадала дори и най-отявлените привърженици на отседната тектоника и идеите за ролята на транспресията при формирането на орогените.

Отговор: В университетските курсове и образователните сайтове простото срязване се илюстрира чрез срязване на колода от карти. Ако натиснете колодата под ъгъл от 45° спрямо направието на срязване, определено от повърхностите на картите, то колодата ще се среже. Чрез колодата са изведени много от математическите постановки на простото срязване. При срязването на колодата „прес-компонент на триизмерната система“ няма да я има. Тоест колодата ще остане с една и съща дебелина. Разбирам, че Вангелов и др. разбират простото срязване именно по този механизъм. Проблемът на експеримента, а и на логиката, изведена чрез него е, че между картите има свободни повърхности, които направляват плъзгането. Тоест, срязването се определя от предестинирани направления.

В природата моделът на колодата е твърде малко вероятен. Земната кора е стратифицирана хоризонтално. В нея няма подходящо ориентирани предварително срязани повърхности, а и скалите като цяло имат известна способност да предават еластични напрежения. За правилното разбиране на проблема предлагам един

друг експеримент (фиг. 4). Този експеримент представя по-реалистично проблема.

Експериментът се състои в срязване на хоризонтално разположен лист хартия, докато в нея се формират гънки. Експериментът е широко застъпен при аналоговото моделиране на гънки. При него даже и при натиск, упражнен под ъгъл от около 30° спрямо зоната на срязване, се стига до значителен прес-компонент. Различните типове хартия, както и намокрянето на хартията, водят до различен по амплитуда „прес-компонент“. Обръщам внимание на факта, че при експеримента не се цели транспресия и въпреки това, поради реоложки причини, прес-компонентът се проявява. Накратко казано, не си представям в реалните условия, дискутирани от нас, срязване без прес-компонент. Прес-компонентът обяснява и плитките навлачни събития в Балкана.

17. В коментираният текст изобилстват трудно разбираеми изрази и примери за недобър научен стил. Учудващо е, защо редакционната колегия и рецензентите са допуснали публикуването на такъв текст. Познавайки стила на автора, си позволяваме да му препоръчваме да се опита да публикува своята хипотеза в първокласно списание, където рецензиите биха помогнали да се прецизира предлаганата трактовка.

Отговор. Приемам предложението да публикувам в чужбина хипотезата за дясноотседния характер на регионалното срязване в Балкана, като я разширя с данни от други изследвания.

Авторите не взеха отношение по някои коментирани от мен проблеми, като например коментара ми за вероятната липса на съвпадение в ориентацията на локалното и регионалното стресово поле, за несъгласието ми да приема трансезионен модел за Източния Балкан, предложен от Doglioni et al. (1996) и др. Не разбрах и защо трябва да цитирам работата на Герджиков и Георгиев за Маришката разломна зона в публикация, която е посветена на Балкана.

Литература

- Антонов, М., В. Желев. 2001. Транспресия и коси гънково-навлачни структури в Челопешкото рудно поле (България). – *Год. МГУ*, 43–44, свитък I–геол., 45–50.
- Йовчев, Й. (Ред.). 1975. *Тектонска карта на Н.Р. България*, 1:500 000. С., Главно управление по геодезия и картография.
- Atmaoui, N., N. Kukowski, B. Stockhert, D. Konig. 2006. Initiation and development of pull-apart basins with Riedel shear mechanism: insights from scaled clay experiments. – *Int. J. Earth. Sci. (Geol. Rundsch.)*, 95, 225–238.
- Blunt, E., D. Vangelov. 1997. New data about the geological structures of the Eastern Balkanides. – *C. R. Acad. bulg. Sci.*, 50, 4, 81–84.
- Dogliani, C., C. Busatta, G. Bolls, L. Marianini, M. Zanella. 1996. Structural evolution of the eastern Balkans (Bulgaria). – *Marine and Petrol. Geol.*, 13, 225–251.
- Einsle, G. (2nd Ed.). 2000. *Sedimentary Basins. Evolution, Facies, and Sediment Budget*. Berlin, Heidelberg, New York, Springer-Verlag, 792 p.
- Ingersoll, R. V. 1988. Tectonics of sedimentary basins. – *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 100, 1704–1719.
- Mandl, G. 1987. Tectonic deformation of rotating parallel faults – the “bookshelf” mechanism. – *Tectonophysics*, 141, 277–316.
- Moody, J. D., M. J. Hill. 1956. Wrench-fault tectonics. – *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 67, 1207–1246.
- Odonne, F., E. Costa. 1993. Relationships between strike-slip movement and fold trends in thin-skinned tectonics: Analogue models. – *Tectonophysics*, 228, 383–391.
- Tavarnelli, E., R. Holdsworth, P. Clegg, R. Jones, K. McKaffrey. 2004. The anatomy and evolution of a transpressional imbricate zone, Southern Uplands, Scotland. – *J. Structural Geol.*, 26, 1341–1360.
- Tchalenko, J. S. 1970. Similarities between shear zones of different magnitudes. – *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 81, 1625–1640.

Иван Димитров
Минно-геоложки университет
„Св. Иван Рилски“

