



Автономное складко-надвигообразование в земной коре

В.И. ШЕВЧЕНКО,
кандидат геолого-минералогических наук

А.А. ЛУКК,
кандидат физико-математических наук
Институт физики Земли РАН



Земная кора разделяется на обширные стабильные плиты, платформы, в пределах которых горные породы слабо или совсем не деформированы, и узкие подвижные пояса, для которых характерна интенсивная дислоцированность пород. Примером такого подвиж-

ного пояса является горный пояс Альп, Карпат, Кавказа, Памира, Гималаев. В статье рассмотрены геодинамика подвижных поясов Земли и механизм формирования тектонических дислокаций (складок, разломов) пород земной коры, то есть нарушения залегания горных пород под действием тектонических процессов. Принято считать, что деформирование пород подвижных поясов вызвано давлением более прочных платформ, плит на менее прочные, пластичные подвижные пояса, то есть с внешним воздействием на них. Полученные в течение последнего полувекa геологические, сейсмологические и геодезические данные позволяют нам утверждать, что важнейшим фактором деформирования



пород земной коры является увеличение объема слоистых осадочных и других пород, не связанное с механическим внешним воздействием на них. Это позволяет говорить об автономности процесса формирования складчато-разломной структуры подвижных поясов.

ЭВОЛЮЦИЯ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ О МЕХАНИЗМАХ ТЕКТОГЕНЕЗА

Породы осадочного и вулканического происхождения в земной коре во время своего образования и на платформах, и в подвижных поясах представляют пакеты преимущественно пологозалегающих пластов. Но потом в составе подвижных поясов они оказываются смятыми в складки, рассечены различными разрывами. Среди различных проблем, которые возникают перед исследователями на всем протяжении существования наук о Земле – вопрос о механизме (или механизмах) формирования таких складчато-надвигово-покровных дислокаций слоистых пород земной коры возникает с завидным постоянством. Существует уверенность в том, что эта задача давно решена – названные дислокации возникают как реакция слоистых пород на боковое, в субгоризонтальном направлении, сжатие в результате приложенного к ним внешнего давления. Остается только найти источник такого давления. Предложены разные варианты решения этого вопроса. Однако тщательное изучение морфологии тектонических дислокаций разных масштабов, детальнейшее изучение сейс-

мичности некоторых территорий, результаты современных измерений тектонических движений земной коры методами геодезии вынуждают предположить, что возможно принципиально иное решение задачи.

В истории изучения деформаций коры/литосферы Земли за последние полтора века мы можем выделить два основных этапа. Первый продолжался приблизительно 100 лет – с середины XIX до середины XX в. Господствовавшая в геотектонике в это время геосинклинальная концепция была основана на геологических данных о континентах. В ее основе – представление о существовании на континентах



Немецкий геофизик Альфред Вегенер.

обширных приподнятых прочных платформ и протяженных глубоких прогибов земной коры (геосинклиналей), заполненных различными слоистыми отложениями. Эти прогибы впоследствии, при сближении смежных платформ сдавливаются и преобразуются в горные подвижные пояса со сложной внутренней структурой. Предполагалось, что упомянутое сближение платформ связано с остыванием и соответствующим сжатием, “усадкой” изначально расплавленной мантии – части Земли, расположенной под корой. Прочно связанная со сжимающейся мантией более холодная земная кора в результате “сморщивается”, деформируется.

В основе второго этапа изучения геодинамики лежит представление о свободном плавании, дрейфе континентов по более пластичному веществу под корой. Одним из первых эта идея озарила в 1915 г. немецкого геофизика Альфреда Вегенера (1880–1930; Земля и Вселенная, 1980, № 6). Мысль, что континенты могут двигаться, выглядела в то время совершенно неприемлемой. Эта идея была возрождена в 1960-х гг. в виде уже более обоснованной плейттектонической концепции¹. Она

¹Новая глобальная тектоника / М. : МИР, 1974. 472 с.

подразумевает, что земная кора/литосфера Земли разделена на литосферные плиты разного размера и что они движутся. Представление о существовании и дрейфе этих плит базируется главным образом на геофизических материалах, преимущественно относящихся к океанам (Земля и Вселенная, 1974, № 5; 1975, № 2; 1976, № 2; 1978, № 2; 1994, № 3). Возникшие представления были экстраполированы на территории континентов. Это привело к отрицанию за ненадобностью геосинклинальной концепции. Подвижные пояса в плейттектонической концепции считаются результатом деформирования нормальной океанической земной коры при сближении, столкновении (конвергенции, коллизии) смежных литосферных плит.

Геосинклинальная и плейттектоническая концепции формирования сложной тектонической структуры подвижных поясов Земли считают следствием сближения смежных платформ, в одном случае, или литосферных плит – в другом, со сдавливанием, деформированием расположенных между ними менее жестких, более податливых частей земной коры.

В последние 15–20 лет получили широкое применение принципиально новые методы исследования тектонических процессов на Земле: высокоточные гео-

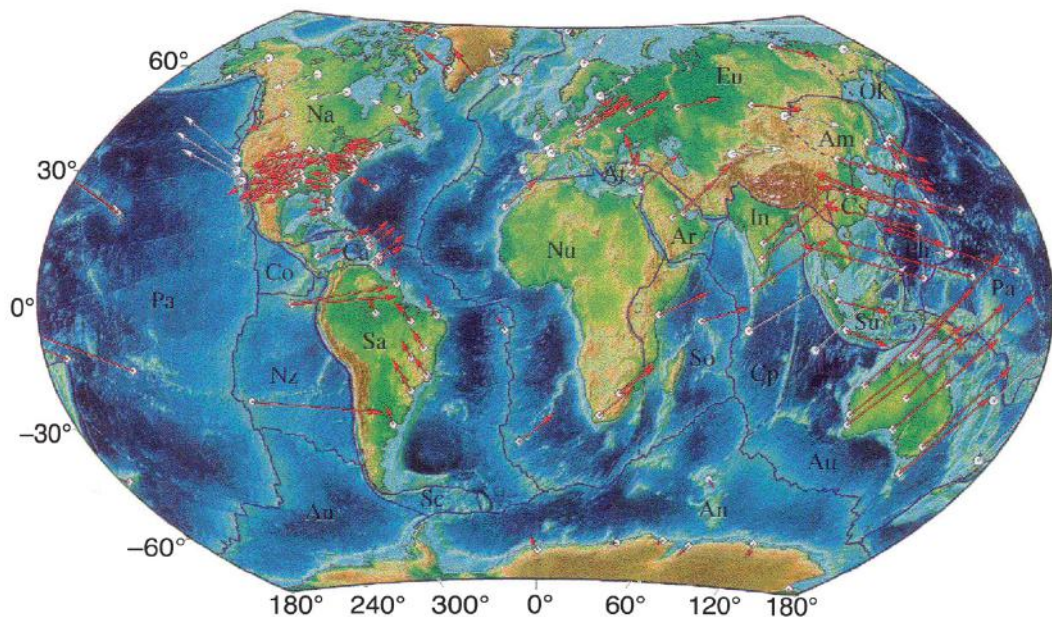
дезические измерения горизонтальных и вертикальных смещений геодезических пунктов с использованием космической навигационной системы GPS (глобальное определение местоположения; Земля и Вселенная, 2006, № 1). Точность измерений скорости горизонтальных смещений пунктов GPS и тем самым смещений элементов тектонической структуры Земли, на которых эти пункты располагаются, доходит до долей миллиметра в год.

До появления таких измерений исследователи, работающие в области наук о Земле, могли заниматься только анализом, реконструкцией, интерпретацией, осмыслением доступных наблюдению конечных результатов тектонических, геохимических, геофизических и других процессов, происходивших на Земле. Но сами процессы наблюдению были недоступны. Ситуация принципиально изменяется в случае использования геодезических измерений. Тектонические движения элементов структуры Земли наблюдаются и измеряются непосредственно, сами по себе. В получаемых результатах отсутствуют какие-либо элементы домысливания. Решается не обратная, а прямая задача. Поэтому смещения земной коры, устанавливаемые при повторных измерениях, мож-

но рассматривать как “истину в последней инстанции”. Использование результатов геодезических измерений позволяет в значительной степени уточнить и в определенной, иногда весьма существенной степени пересмотреть ранее сформулированные представления, проверить различные существующие реконструкции. Это, возможно, означает переход к третьему, пока не имеющему названия этапу геодинамических построений.

О НЕКОТОРЫХ ПОЛОЖЕНИЯХ ПЛЕЙТТЕКТОНИЧЕСКОЙ КОНЦЕПЦИИ

Согласно представлениям плейттектонической концепции, земная кора/литосфера разделяется на семь крупных литосферных плит: Евразийскую, Африканскую, Аравийскую, Индо-Австралийскую, Северо- и Южно-Американскую, Антарктическую и Тихоокеанскую. Имеется серия плит меньшего размера: например, Наска, Анатолийская, Зондская и некоторые другие, а также выделяются достаточно многочисленные микроплиты. Подвижные пояса континентов (например, Альпийско-Индонезийский), согласно плейттектонической концепции, представляют собой мозаичные области, состоящие из изначально разрозненных



Карта глобального распределения векторов скоростей горизонтальных (направлений и величин) горизонтальных смещений геодезических пунктов (показаны стрелками), расположенных на основных литосферных плитах: Na – Северо-Американской, Sa – Южно-Американской, Co – Кокос, Ca – Карибской, Pa – Тихоокеанской, Nz – Наска, An – Антарктической, Sc – Шотландской, Eu – Евразийской, Ok – Охотской, Am – Амурской, Cs – Южно-Китайской, Nu + So – Африканской (Нубийско-Сомалийская), At – Анатолийской, Ar – Аравийской, In + Au – Индо-Австралийской, Su – Сундской, Ph – Филиппинской. Из работы Sella G.F., Dixon T., Mao A. REVEL: a model for recent plate velocities from space geodesy // *Journ. Geoph. Res.*, 2002. V. 107. № 4. P. 1–32.

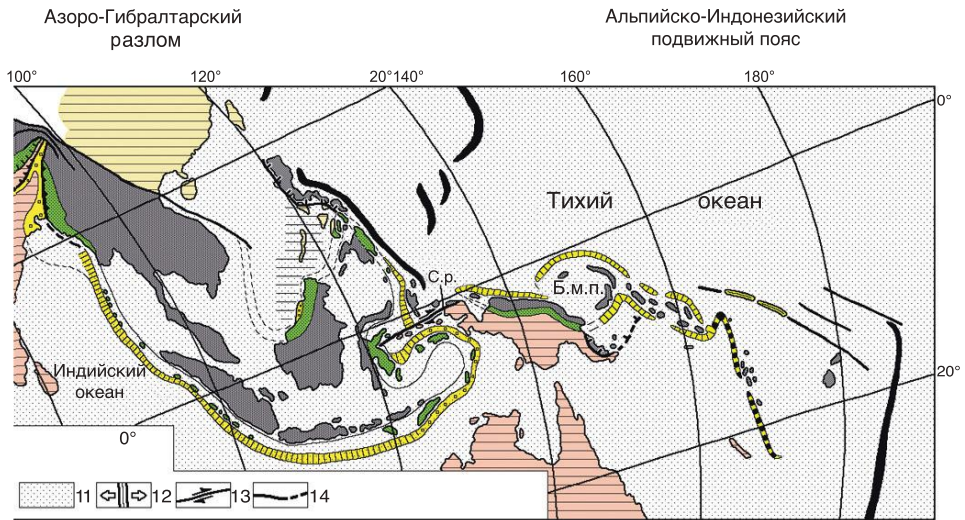
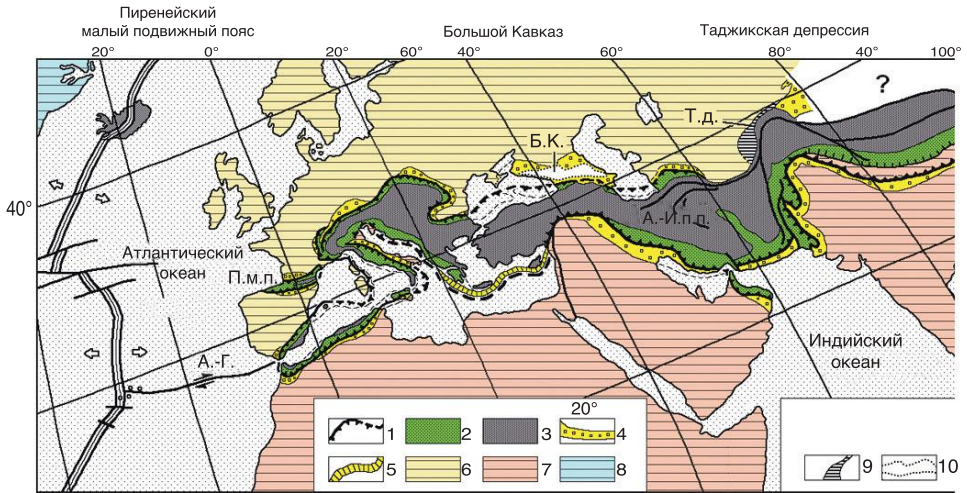
самостоятельных блоков и микроплит земной коры/литосферы, спрессованных при сближении смежных крупных литосферных плит. Иными словами, для земной коры/литосферы Земли в целом и подвижных поясов, в частности, с точки зрения плиттектонической концепции, характерна дискретность элементов струк-

туры. Существенно, что подвижные пояса при сближении смежных плит должны, согласно этой концепции, деформироваться, их ширина должна уменьшаться.

Однако, судя по существующим геологическим данным, Альпийско-Индонезийский и другие пояса того же типа (Уральский, Верхояно-Колымский, Се-

веро-Атлантический) устроены иначе². Названный пояс представляет собой самостоятельный, пространственно замкнутый элемент структуры земной коры/литосферы, обладающий устойчивой осесимметричной зональностью, прослеживаемой практически непрерывно на всем его протяжении около 18 тыс. км: от Гибралтарского

²Шевченко В.И., Лукк А.А., Гусева Т.В. Автономная и плиттектоническая геодинамика некоторых подвижных поясов и сооружений/ М.: ГЕОС, 2017. 612 с.



разлом Соронг, Бисмаркский малый подвижный пояс

Западная (а) и восточная (б) части тектонической схемы Альпийско-Индонезийского подвижного пояса: 1 – внешняя граница покровно-надвиговых сооружений Альпийско-Индонезийского подвижного пояса, Пиренейского и Бисмаркского малых подвижных поясов (в Гималаях – внешняя граница горного пояса); 2 – Внешняя зона подвижного пояса; 3 – Внутренняя зона; 4 – передовые прогибы; 5 – глубоководные желоба; 6 – Евразийская литосферная плита; 7 – Африканская, Аравийская и Индо-Австралийская литосферные плиты; 8 – Северо-Американская литосферная плита; 9 – Таджикская депрессия; 10 – Большой Кавказ; 11 – акватории океанов и морей; 12 – Срединно-Атлантический хребет; 13 – крупные сдвиговые зоны; 14 – крупные разломные зоны. (Из работы Шевченко В.И., Лукка А.А., Гусевой Т.В. Автономная и плиттктоническая геодинамика некоторых подвижных поясов и сооружений/ М. : ГЕОС, 2017. 612 с.)

перешейка на западе до Индонезии на востоке. Выделяются Внутренняя, осевая зона, и окаймляющая ее с севера и с юга Внешняя зона. Разделение на блоки в пределах подвижного пояса отсутствует. Тектоническая структура подвижного пояса образуется не блоками, а чешуйчатыми надвигами, тектоническими покровами (по форме и расположению те и другие напоминают пластины рыбьей чешуи) и сопряженными с ними складками. Они не нарушают упомянутую общую зональность пояса. Следовательно, для подвижного пояса характерна не дискретность, а связность тектонической структуры, поэтому можно утверждать, что одновременно (и параллельно) на Земле существуют тектонические структуры двух типов: дискретные структуры (плиты, блоки, подразумеваемые плейттектонической концепцией) и континуальные, связанные, целостные структуры подвижных поясов.

Ряд ученых (А.Л. Яншин, А.Е. Шлезингер, И.В. Хворова, Б.Г. Лутц и др.) показали, что состав и характер изменчивости осадочных отложений Альпийско-Индонезийского подвижного пояса и одновозрастных отложений океанов, продукты магматических и вулканических процессов тех и других существенно различны. Анало-

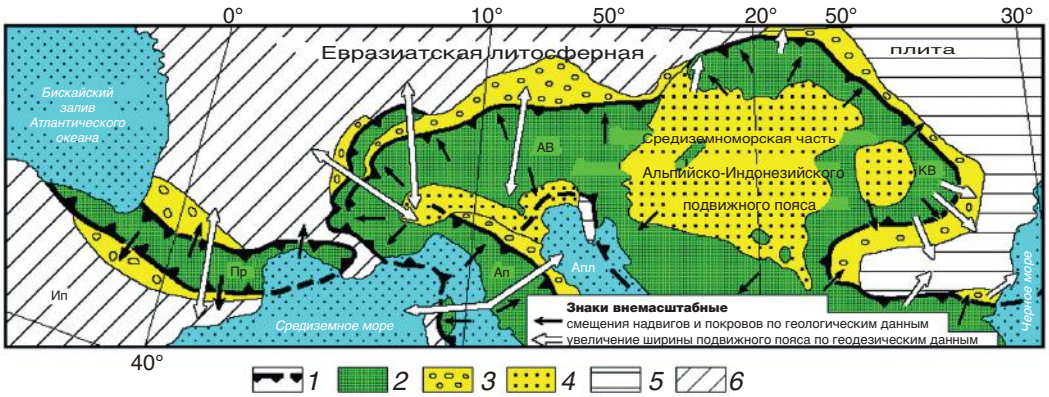
ги упомянутых Внутренней и Внешней зон подвижных поясов в пределах океанов отсутствуют. Это говорит о том, что подвижные пояса континентов изначально не были частями океанических бассейнов. Все это противоречит точке зрения плейттектонической концепции на подвижные пояса континентов и заставляет вернуться (применительно только к подвижным поясам) к представлениям геосинклинальной концепции.

Результаты высокоточных геодезических измерений современных горизонтальных смещений литосферных плит подтверждают в глобальном масштабе реконструкции таких смещений, сделанные в рамках плейттектонической концепции. В частности, измерено предполагавшееся ранее сближение Африканской, Аравийской и Индо-Австралийской литосферных плит с Евразийской плитой, расширение Атлантического и Индийского океанов, расширение срединно-океанических хребтов. Однако аналогичные геодезические измерения, произведенные в пределах подвижных поясов и некоторых отдельных подвижных сооружений (Пиренеи, средиземноморская часть Альпийско-Индонезийского пояса, Индонезия, Большой Кавказ, Таджикская депрессия, Урал) показали, что эти тектониче-

ские элементы Земли в процессе формирования их сложной внутренней структуры не сужаются, как это подразумевается и геосинклинальной, и плейттектонической концепциями, а становятся шире. Это свидетельствует об одновременном и параллельном существовании на Земле геодинамических процессов двух типов – *плейттектонического* и *автономного*, соответствующих упомянутым тектоническим структурам двух типов – *дискретных плит* и *связных подвижных поясов*.

АВТОНОМНАЯ ГЕОДИНАМИКА
АЛЬПИЙСКО-
ИНДОНЕЗИЙСКОГО ПОЯСА

Подвижные пояса (Альпийско-Индонезийский, Урало-Монгольский и другие) традиционно рассматриваются в рамках геосинклинальной и плейттектонической концепций как области латерального, бокового сжатия, деформирования в результате сближения смежных платформ или литосферных плит. Считалось (и считается), что вследствие этого ширина, соответственно, геосинклинальных или океанических бассейнов, а затем и возникших на их месте подвижных поясов в процессе их формирования существенно – в полтора-два раза – уменьшается.



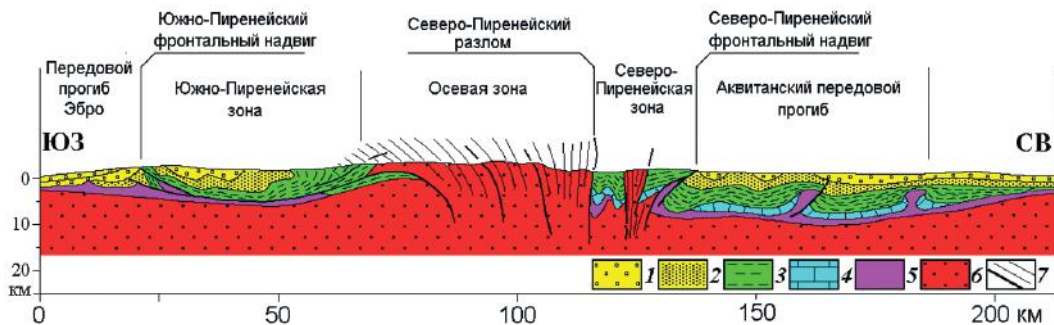
Современное увеличение ширины Пиренеев–Апеннин–Альп–Карпат–Балканид, по результатам GPS-измерений: 1, 2 – внешние границы (1) покровно-надвиговых сооружений Альпийско-Индонезийского подвижного пояса и Пиренеев (2); 3 – передовые прогибы; 4 – наложенные впадины; 5, 6 – платформы древние (5) и эпигерцинские (6).
 Обозначения: АВ – Альпы Восточные; Ап – Апеннины; Апл – Апулийский выступ Африканской литосферной плиты; КВ – Карпаты Восточные; Пр – Пиренеи; Ип – Иберийская литосферная плита. Рисунок авторов.

Однако существующие геологические, геофизические и геодезические материалы по Альпийско-Индонезийскому и некоторым другим подвижным поясам и отдельным сооружениям позволили прийти к иному выводу. По мнению авторов, их тектоническая структура указывает не на раздавливание сближающимися платформами или плитами, а на активное, силовое расширение самих поясов и сооружение в результате процесса объемного расширения распора слагающих их слоистых пород.

Как уже упоминалось, основным типом дислокаций (например, Альпийско-Индонезийского подвижного пояса) являются

чешуйчатые надвижки и тектонические покровы (то есть дислокации, образующиеся при перемещении пластин, чешуй слоистых пород поверх рядом расположенных аналогичных отложений). При перемещении не поверх них, а под ними возникают поддвижки. И в том, и в другом случае могут также образовываться сопряженные с ними складки. В пределах пояса те и другие характеризуются осесимметричным, так называемым дивергентным (двусторонним) расположением. Это означает, что на северном крыле пояса дислокации указывают (по геологическим данным) на перемещение материала слоистых горных пород в

северном направлении (это называется северной вергентностью дислокаций), а на южном крыле – в южном. В обоих случаях происходит удаление от оси пояса. Установлено, что дислокации с такими направлениями перемещений формировались здесь в позднеюрское, ранне- и позднемиоценовое, палеогеновое, миоценовое и плиоценовое время, то есть в течение последних 160 млн лет. При таких – в противоположных направлениях – ориентировках надвигов на “крыльях” пояса ширина соответствующей части пояса должна увеличиваться. С позиций плейттектонической концепции, указанные надвижки и покровы – это



Геологический профиль через центральную часть Пиренеев. Геологические возрасты слоистых пород обозначены: 1 – эоцен-олигоцен (24,6–54,9 млн лет); 2 – эоцен (38,0–54,9 млн лет); 3 – мел (65–144 млн лет); 4 – юра (144–213 млн лет); 5 – триас (213–248 млн лет); 6 – варисский (герцинский) комплекс (более 248 млн лет); 7 – разломы. (Из работы Шукрун П., Сэжуре М. Тектоника Пиренеев: роль сжатия и силы тяжести / Сила тяжести и тектоника. – М.: МИР, 1976. С. 154–168).

поддвиги пород пояса, образовавшиеся при перемещениях пластин пород на “крыльях” пояса во встречных направлениях, к оси пояса. Считается, что поддвиги формируются при сближении смежных литосферных плит. Ширина пояса при этом должна уменьшаться.

На территории Средиземноморья были проведены обширные геодезические измерения горизонтальных смещений GPS-пунктов, расположенных на различных элементах тектонической структуры региона. Эти измерения объективно зафиксировали увеличение ширины измеренной части Альпийско-Индонезийского пояса.

Это означает, что применительно к указанной представительной части пояса и геосинклиальная, и плиттектоническая концепции, предполагающие уменьшение его ширины в результате сближения смежных плит, оказываются непригодными.

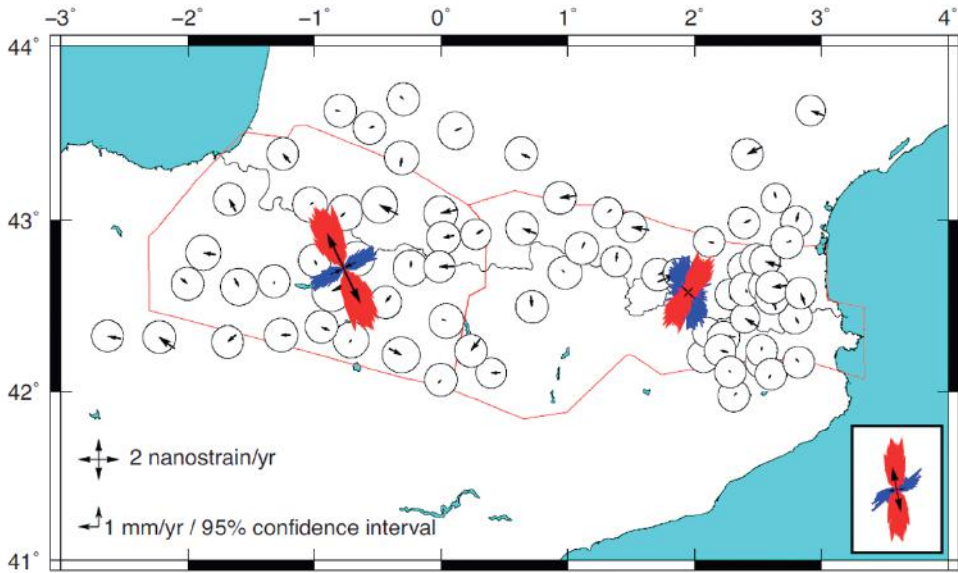
Аналогичная картина получается по горному району Пиренеев. Здесь также имеет место чешуйчатонадвиговая двусторонняя, с перемещениями и к северу, и к югу, тектоническая структура³. Согласно существующим плиттектоническим представлениям, она сформировалась в результате сжатия/сдавливания в процессе приближения Африканской и

Иберийской литосферных плит в северном направлении к Евразийской плите, со скоростью порядка нескольких миллиметров в год. Однако детальные геодезические измерения выявили увеличение ширины Пиренейского горного сооружения со скоростью 0,3–0,5 мм/год⁴.

Очень показательная картина получается на Большом Кавказе. Для него характерна складчато-чешуйчатонадвиговая тектоническая структура, свидетельствующая о субгоризонтальном, поперек Кавказа, сжатии. Большой Кавказ, согласно плиттектонической концепции, сформировался в результате сближения и столкновения здесь

³Шукрун П., Сэжуре М. Тектоника Пиренеев: роль сжатия и силы тяжести / Сила тяжести и тектоника. – М.: Мир, 1976. С. 154–168.

⁴Rigo A., Vernant P. et al. Present-day deformation of the Pyrenees revealed by GPS surveying and earthquake focal mechanisms 2011 until. // Geoph. Journ. Int., 2015. V. 201. P. 947-964.



Суммарные тензоры скорости деформаций, по результатам GPS-измерений, для западной и восточной частей Пиренеев. Совокупный для всего сооружения тензор – на врезке в нижнем правом углу. Светло-серым цветом показаны оси растяжения, темно-серым – оси сжатия (европейская система координат). Ширина Пиренеев увеличивается в год на 0,3–0,5 мм, или на несколько миллиардных долей от исходной ширины. (Из работы Rigo A., Vernant P. et al. Present-day deformation of the Pyrenees revealed by GPS surveying and earthquake focal mechanisms until 2011 // *Geoph. Journ. Int.*, 2015. V. 201. P. 947–964).

Аравийской и Евразийской литосферных плит. Этим представлениям соответствуют данные об ориентации осей напряжения/сжатия в очагах землетрясений. Судя по имеющимся данным, можно утверждать, что в пределах сейсмогенного слоя земной коры территории Кавказа преобладает резко выраженный надвиговый тип сеймотектонической деформации при преимущественной горизонтальной ориентации глав-

ной оси сжатия и вертикальной ориентации главной оси растяжения. Напряжение горизонтального сжатия материала земной коры Кавказа осуществляется в северо-восточном направлении и, в основном, – поперек элементов тектонической структуры Кавказа. Все это соответствует представлениям и геосинклинальной, и плейттектонической концепций.

Однако, как и в предыдущих случаях, иную картину

рисуют геодезические GPS-измерения на территории Большого Кавказа. В 1991–1997 гг. были выполнены первые геодезические GPS-измерения на Большом Кавказе. В 2010–2013 гг. измерения были проведены в осетинской части Большого Кавказа. Эти измерения позволяют уверенно говорить о том, что увеличивается ширина элементов тектонической структуры Большого Кавказа – зон Главного хребта и прогиба

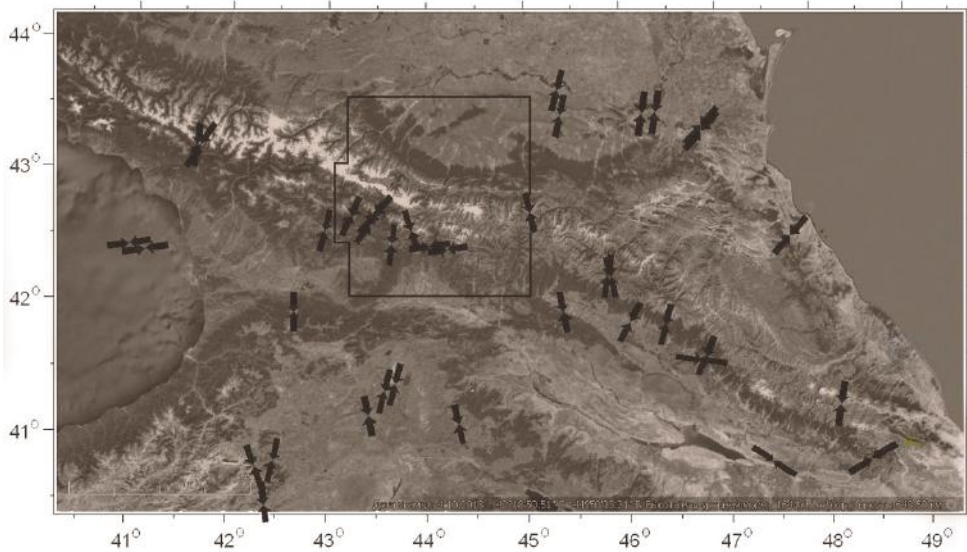


Схема распределения осей напряжений субгоризонтального сжатия (встречно ориентированные стрелки) земной коры на территории Кавказа. Прямоугольная врезка – местоположение района геодезических измерений в осетинской части территории Большого Кавказа. (По данным А.А. Лукка, 2017).

Южного склона, увеличивается ширина Большого Кавказа в целом⁵.

Существование на одной и той же территории упомянутой обстановки сжатия поперек Большого Кавказа и одновременного увеличения его ширины свидетельствует о том, что современная геодинамика этого сооружения может быть объяснена только процессами активного объемного расширения (распора), и, в первую очередь, процессами увеличения площади слоистых горных пород этого сооружения.

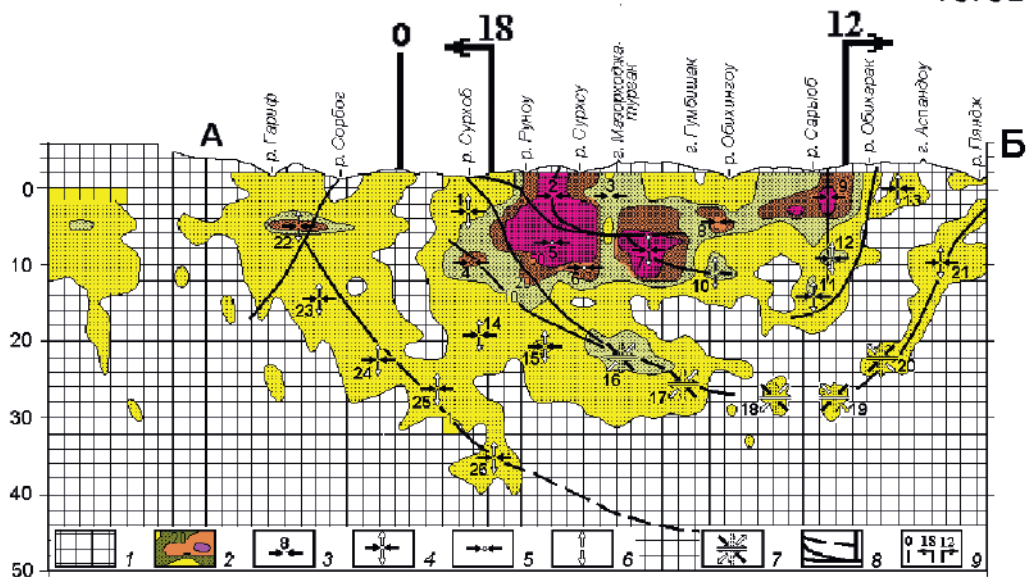
В подавляющем большинстве случаев направ-

ления современных, сегодняшнего дня смещений GPS-пунктов Большого Кавказа хорошо соответствуют направлениям смещений материала слоистых горных пород при формировании тектонических дислокаций сооружения. Но формирование этих дислокаций происходило в течение десятков и сотен миллионов лет геологической истории Кавказа. Такое соответствие указывает на то, что измеренные современные смещения элементов тектонической структуры региона – это продолжение геологического процесса

формирования этих элементов структуры.

Показательные результаты были получены при изучении Таджикской депрессии, расположенной в зоне сочленения Памира и Тянь-Шаня. Депрессия представляет собой глубокий прогиб, в осевой части которого кристаллический фундамент располагается на глубинах 25–30 км, а сам прогиб заполнен мощной толщей слоистых осадочных и вулканогенных пород, сформировавшихся в палеозое, мезозое и кайнозое. На крыльях депрессии располагаются надвижки, опреде-

⁵Шевченко В.И., Лукка А.А., Гусева Т.В. Автономная и плиттктоническая геодинамики некоторых подвижных поясов и сооружений/ М. : ГЕОС, 2017. 612 с.



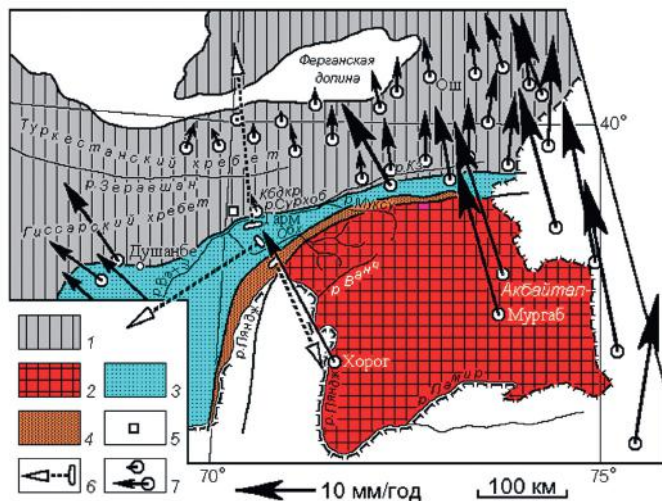
Сейсмичность и сейсмотектонические деформации (указаны маленькими стрелками) по линии профиля А–Б, пересекающего Таджикскую депрессию (черные, залитые, встречно направленные стрелки означают сжатие; светлые, незалитые, opposитно направленные, – растяжение): 1 – сетка с размером квадратной ячейки 2 × 2 км, по которой подсчитывалось количество гипоцентров землетрясений; 2 – распределение плотности гипоцентров; изолинии проведены через 1, 10, 20 и 50 событий в ячейке; 3–7 – результаты реконструкции сейсмотектонических деформаций (СТД) по совокупностям фокальных механизмов землетрясений с $M \geq 1$: одноосное горизонтальное сжатие (3); надвиговый тип СТД (4); сдвиговый тип СТД (5); не характерный для всего района в целом тип СТД (срыв/взрез) (6); одноосное вертикальное удлинение (двухосное горизонтальное сжатие) (7); 8 – срывы-надвиги и сдвиг; 9 – направления и скорости перемещения геодезических пунктов на крыльях Таджикской депрессии (в мм/год) относительно неподвижного пункта (0) в Кабудкрымском массиве, на севере полигона. По данным В.И. Шевченко и др., 2017.

ляющие распределение очагов землетрясений. В результате детальнейшего изучения сейсмичности депрессии было установлено, что в пределах депрессии в подавляющем большинстве случаев имеет место обстановка субгоризонтальных, направленных поперек депрессии, напряжений сжатия.

Таджикская депрессия обычно рассматривается в рамках плейттектонической концепции как зона столкновения Индийской и Евразийской литосферных плит. Результаты многолетних (около 35 лет) детальных геологических и сейсмологических наблюдений, а также геодезических (светодаль-

номерных) измерений, проведенных здесь на Гармском геодинамическом полигоне Института физики Земли АН СССР в Таджикистане, показали, что, хотя Таджикская депрессия представляет собой область напряжений субгоризонтального сжатия, но ее ширина не сокращается, а увеличивается.

Карта расположения векторов среднегодовых скоростей горизонтальных перемещений геодезических пунктов Гармского полигона ИФЗ РАН, по измерениям 1967–1977 и 1981–1987 гг. пунктов GPS-измерений смежных территориях (евразийская система координат): 1 – Тянь-Шань; 2 – Памир; 3 – мезозойские и кайнозойские отложения Таджикской депрессии; 4 – палеозойские отложения южного крыла Таджикской депрессии (Дарвазская флексура); 5 – опорный пункт измерений на Гармском полигоне; 6 – обобщенные векторы скоростей горизонтальных смещений групп пунктов триангуляционных и светодальномерных измерений на Гармском полигоне; 7 – векторы скоростей горизонтальных смещений пунктов GPS-измерений. Сокращения на схеме: Кбд – хр. Кабудкрым; Об. – р. Обихингоу; р. Кз. – р. Кызылсу; Ср – р. Сурхоб. (Из работы Шевченко В.И., Лукка А.А., Гусевой Т.В./ Автономная и плиттектоническая геодинамика некоторых подвижных поясов и сооружений/ М. : ГЕОС, 2017. 612 с.)



цепция) в полосе Гармского полигона можно оценить цифрами порядка 3,0 см/год,

Итак, для ряда частей подвижного пояса и подвижных сооружений установлено одновременное для одних и тех же частей земной коры существование, с одной стороны, напряженного состояния сжатия в субгоризонтальном направлении, а с другой – увеличение линейных размеров (то есть площади) этих же частей коры. Представляется, что это свидетельствует об активном увеличении объема (и площади) этих частей коры. Вследствие этого они перестают уместаться на том пространстве, которое они до этого занимали, в результате они сминаются в складки, рассекаются разломами; в результате формируются тектонические дислокации.

Существующие результаты массового изучения химического состава, строе-

ния (на микроскопическом уровне) осадочных и вулканогенных пород свидетельствуют о существовании привноса, внесения дополнительного минерального материала в эти породы и соответствующего увеличения их объема. Во всех рассмотренных случаях есть основания считать, что эти процессы никак не связаны со сближением смежных литосферных плит и с оказываемым ими давлением. Поэтому авторы считают необходимым говорить о существовании автономных, не связанных с перемещениями литосферных плит, причинах формирования тектонических дислокаций, действующих наряду с плиттектоническими.

Изложенные представления об автономном тектогенезе подвижных поясов и сооружений имеют значение для более адекватного понимания тектонических структур и геоди-

Надвиговые пластины северного крыла Таджикской депрессии смещаются в северном направлении на 18 мм/год, а такие же пластины южного крыла – на 12 мм/год в южном (в местной системе координат). Следовательно, увеличение ширины Таджикской депрессии (а не сужения ее, как того требует плиттектоническая кон-

намических процессов в земной коре при сооружении долговременных объектов. Они могут иметь практическое приложение при поиске полезных ископаемых, при любых горных работах по их добыче, при бурении на нефть и газ.

Производственники при этом исходят из существующих, сложившихся ранее представлений о тектонической структуре доступной для разработки полезных ископаемых части земной коры. Ошибочные представления в этом от-

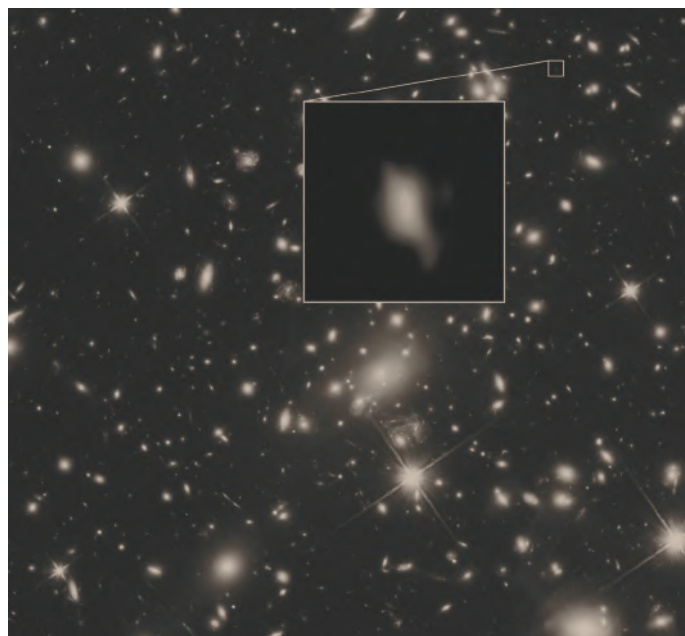
ношении приводят в лучшем случае к удорожанию работ такого типа. Более адекватные действительности представления увеличивают шансы на решение производственных задач быстрее и с меньшими финансовыми затратами.

Информация

Самая древняя галактика

Вскоре после Большого Взрыва первые поколения звезд начали изменять химический состав примитивных галактик, медленно обогащая межзвездную среду кислородом, углеродом и азотом. Поиск самых ранних их следов прольет свет на химическую эволюцию галактик, включая нашу собственную. Наблюдения галактики MACS1149-JD1, находящейся в созвездии Льва на рекордном расстоянии – 13,28 млрд св лет от нас – с помощью радиотелескопов Обсерватории ALMA и 8,2-м телескопа VLT Европейской Южной обсерватории (ESO, Чили) подтверждают, что она оказалась самой далекой от нас. В такой древней галактике (она появилась в тот период, когда Вселенной было всего 500 млн лет) был впервые обнаружен кислород.

Группа астрофизиков восстановила историю звездообразования в галактике MACS1149-JD1, используя данные, полученные с помощью KTX и космической обсерватории “Спитцер”. Рожде-



Древняя галактика MACS1149-JD1, находящаяся в созвездии Льва на расстоянии 13,28 млрд св лет от нас. Популяция звездообразования показана во врезке крупным планом. Снимок получен с помощью 8,2-м телескопа VLT Европейской Южной Обсерватории. Фото ESO.

ние звезд в ней прошло две стадии: через 250 и 500 млн лет после Большого взрыва. Предполагается, что некоторое время подавляло бы образование новых звезд; затем газ снова возвращался в галакти-

ку, что привело бы ко второй вспышке звездообразования. Именно эти выбросы ионизированного кислорода были обнаружены с помощью радиотелескопов ALMA.

*пресс-релиз
Обсерватории ALMA,
16 мая 2018 г.*