

ОДНОНАПРАВЛЕННАЯ РОТАЦИЯ БЛОКОВ ФУНДАМЕНТА КАК МЕХАНИЗМ СОКРАЩЕНИЯ РАЗМЕРОВ ЖЕСТКОГО ОСНОВАНИЯ СКЛАДЧАТОЙ СИСТЕМЫ (НА ПРИМЕРЕ ЦЕНТРАЛЬНОГО КАВКАЗА)

ЧАСТЬ № 1

Ю.А. Киричко*

Аннотация. Для киммерийского и альпийского этапов развития Центрального Кавказа (ЦК) рассматривается механизм формирования складчатости, учитывающий блоковый характер строения фундамента, условия залегания реликтов чехла и особенности проявления складчатых деформаций. Определяющим в формировании складчатости является однонаправленная ротация жестких блоков фундамента. Механизм ротации рассматривается в рамках трехслойной модели земной коры. Формирование складчатости при вращении блоков фундамента обусловлено наличием сил горизонтального сжатия, сокращением поверхности жесткого основания и наличием синхронно действующих разнонаправленных вертикальных сил на границах блоков. В пределах ЦК выделяется 10 основных крупных блоков, имеющих признаки рассматриваемого механизма, значительная часть которых ранее выделялась в качестве поднятий и депрессий.

Ключевые слова: Центральный Кавказ, фундамент, чехол, депрессии, впадины, поднятия, механизм формирования складчатости, сокращение размеров жесткого основания, ротация блоков фундамента, динамический разлом.

ВВЕДЕНИЕ

Общепризнано, что смятие чехла невозможно без сокращения размеров и изменения внутренней структуры фундамента, однако кинематика этого процесса ясна еще не в полной мере. В настоящее время многие исследователи Большого Кавказа связывают эти изменения с процессами надвигообразования в результате действия сил горизонтального сжатия, приводящих к образованию и последующему скучиванию многочисленных тектонических пластин [1, 4, 5, 9, 23].

Поведение чехла и фундамента в процессе формирования складчатой системы может быть различным. В одних случаях, когда наблюдается срыв чехла с фундамента, наблюдается некая автономность смятого чехла и структур фундамента. В других случаях, в условиях разогретой коры и масштабного реологического течения пород основания, происходит их конформное смятие. В третьих – определяющим в формировании складчатости чехла является блоковый механизм движений фундамента. Не исключено и сочетание этих вариантов в разных частях и (или) на разных этапах развития складчатой системы. В любом из перечисленных случаев граница раздела чехла и фундамента, ее форма, характер контакта, петрологические особенности пород вблизи границы раздела в той или иной мере будут указывать на поведение и механизм участия фундамента в формировании складчатости чехла.

Большой Кавказ традиционно разделяется на три крупных сегмента – западный, восточный и центральный. В строении первых двух участвуют мезозойские и кайнозойские, в основном осадочные, образования. Центральный, наиболее поднятый и глубоко эродированный сегмент (рис. 1), в осевой зоне (зоне Главного хребта) сложен метаморфическими и магматическими образованиями фундамента докембрий-палеозойского возраста, в пределах площади развития, на которых отмечаются реликтовые эрозионно-тектонические останцы мезозойских пород, получившие название депрессий и впадин. На восточном и западном погружениях фундамента Центрального Кавказа можно видеть уже сформировавшуюся складчатую систему.

Ряд структурных особенностей строения чехла в реликтовых эрозионно-тектонических останцах и наблюдение границ раздела чехол – фундамент в пределах его восточного и западного погружений позволяют наметить возможный механизм формирования складчатости мезозойско-кайнозойского чехла, обусловленный движениями блоков фундамента.

Этот механизм можно определить как – однонаправленная ротация блоков фундамента. В общем случае он может оказаться типичным для покровной складчатости [27], формирующейся в пределах краевых частей «жестких» плит, вовлеченных в процессы складкообразования.

К таким особенностям следует отнести: в основном «моноклиновый» (однонаправленный)

* Киричко Юрий Александрович – главный специалист Департамента геологии и минеральных ресурсов по Северо-Кавказскому федеральному округу (ykirichko@gmail.com).

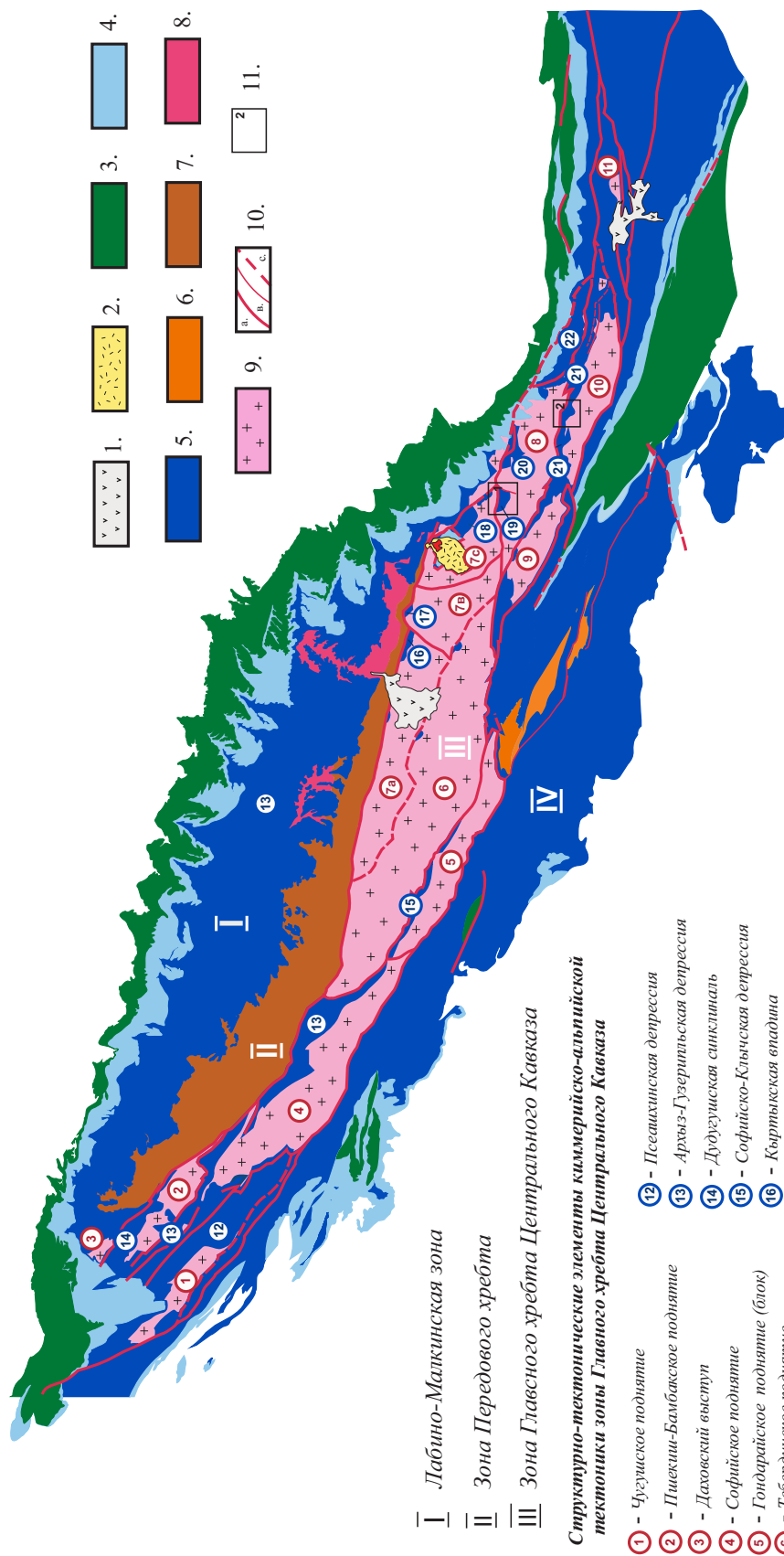


Рис. № 1. Схема структурно-тектонического строения Центрального Кавказа

1 - неоген-четвертичные лавы г. Эльбрус и г. Казбек; 2 - неогеновые лавы Верхнечегемского вулканического нагорья; 3 - меловые отложения; 4 - верхнеюрские отложения; 5 - отложения нижней и средней юры; 6 - палеозойские образования зоны Южного склона; 7 - комплексы пород зоны Передового хребта; 8 - выходы доюрских образований Лабино-Малкинской зоны; 9 - выходы доюрского основания (кристаллических пород) зоны Главного хребта Центрального Кавказа; 10 - тектонические нарушения (а - главные, в - второстепенные, с - предполагаемые); 11 - участки детализации показанные на рис. № 2 и рис. № 3.

характер залегания пород в тектонических депрессиях, при котором достаточно крутые углы падения пород чехла у его основания ($30\text{--}50^\circ$ и более) наблюдаются в сочетании с ровными ненарушенными границами и «стратиграфическими» взаимоотношениями пород чехла и фундамента на тех участках, где они сохраняются; неоднородный характер проявления складчатых деформаций в чехле, их концентрация в положительных структурах; чередование зон интенсивного и менее интенсивного сжатия; крутопадающий линейный характер крупноамплитудных разломов и другие, на которых следует остановиться подробнее.

Фундамент Центрального Кавказа (рис. 1) разбит крупноамплитудными нарушениями общекавказского простирания на крупные блоки (Адайхохский, Балкарский, Тебердинский, Софийский и другие). Последние отделены друг от друга выходами ниже-среднеюрских осадочных и вулканогенно-осадочных отложений, получивших название депрессий (Штулу-Хоресской, Софийско-Клычской, Архыз-Гузерицкой, Псешинской и др.). Мелкие останцы осадочного чехла получили название впадин (Думалинской, Кыртыкской, Чегемской и др.). Депрессии, а по сути эрозионно-тектонические останцы чехла в пределах эродированного фундамента, имеют характер линейно-вытянутых зон, зачастую с севера ограниченных крутопадающими ($60\text{--}90^\circ$) крупноамплитудными разломами. С юга выходы чехла (юрских отложений) большей частью наблюдаются в естественных, ограниченных эрозией выходах, причем на границе чехла и фундамента часто сохраняются признаки первично-седиментационного трансгрессивного залегания отложений чехла на породы фундамента (стратиграфического контакта).

Вертикальная амплитуда ограничивающих депрессии разломов, как правило, достигает нескольких километров. Так, для Северо-Штулинского разлома (рис. 2), ограничивающего с севера Штулу-Хоресскую депрессию, с учетом мощности наращиваемого разреза нижней-средней юры и гипсометрии северного крыла, она составляет не менее $3,5\text{--}4$ км. Аналогичные или близкие значения амплитуды определяются для Софийского разлома, ограничивающего Софийско-Клычскую депрессию; амплитуда Пшекиш-Тырныаузского разлома составляет не менее $3\text{--}3,5$ км на западном окончании Архыз-Гузерицкой депрессии и не менее $2\text{--}2,5$ км на северном ограничении Кыртыкской впадины. Линейность выходов разломов на дневную поверхность и положение в глубоко расчлененном рельефе однозначно указывают на их крутопада-

ющий характер. Крутое залегание Пшекиш-Тырныаузского и Главного Кавказского разломов до глубин $6\text{--}12$ км подтверждено и геофизическими данными [22, 23].

Моноклиновый (однаправленный) характер залегания пород лейаса в депрессиях выражается в последовательном, с юга на север, наращивании разреза при устойчивом северном падении пород с углами, варьирующими в пределах от $30\text{--}40^\circ$ до $60\text{--}70^\circ$. Складчатость в депрессиях носит ярко выраженный приразломный характер и проявлена в узких зонах с интенсивной разрывной тектоникой. Но даже в таких зонах наблюдаются участки, в которых сохраняется «моноклиновый» характер залегания пород чехла. Большая часть наблюдаемых контактов терригенных и вулканогенно-терригенных пород нижней юры с палеозойскими гранитами и мигматитами («жестким» фундаментом) имеет первично седиментационный характер и не обнаруживает видимых признаков складчатых деформаций. Исключение составляют области, примыкающие к Перевальной зоне, в которых фундамент имеет иной петрологический (сланцевый или гнейсово-сланцевый) состав и где можно видеть совместные деформации пород чехла и фундамента [19]. Зачастую в фундаменте на контакте с чехлом наблюдаются коры выветривания, подчеркивающие первично-седиментационный характер наблюдаемых границ (с постепенными переходами от коры палеозойских гранитов и мигматитов к песчаникам и конгломератам нижней юры). Наблюдаемые местами тектонические срывы на границе с фундаментом и приразломная складчатость практически не нарушают общего «моноклинового» характера залегания юрских толщ. Это можно проиллюстрировать на примере строения восточной части Центрального Кавказа. Так, в пределах Думалинской впадины (рис. 3) наблюдаются устойчивые азимуты $20\text{--}30^\circ$ и углы падения $45\text{--}55^\circ$ аргиллитов и песчаников юры от плинсбаха до байоса включительно, которые имеют на юге в основании разреза первично-седиментационный эрозионный контакт (с конгломератами в основании) с гранитами белореченского комплекса (с корами выветривания в последних). На севере выходы юрских пород по крутопадающему ($70\text{--}80^\circ$) разлому контактируют с протерозой-раннепалеозойскими мигматитами. Ширина выхода юрских пород здесь составляет более 4 км, мощность наращиваемого разреза – более двух километров. Стратиграфические контакты и подобный характер залегания пород ниже-среднеюрских отложений с азимутами падения $350\text{--}0^\circ$ и углами падения $25\text{--}35^\circ$ на палеозойских гранитах наблюдается и

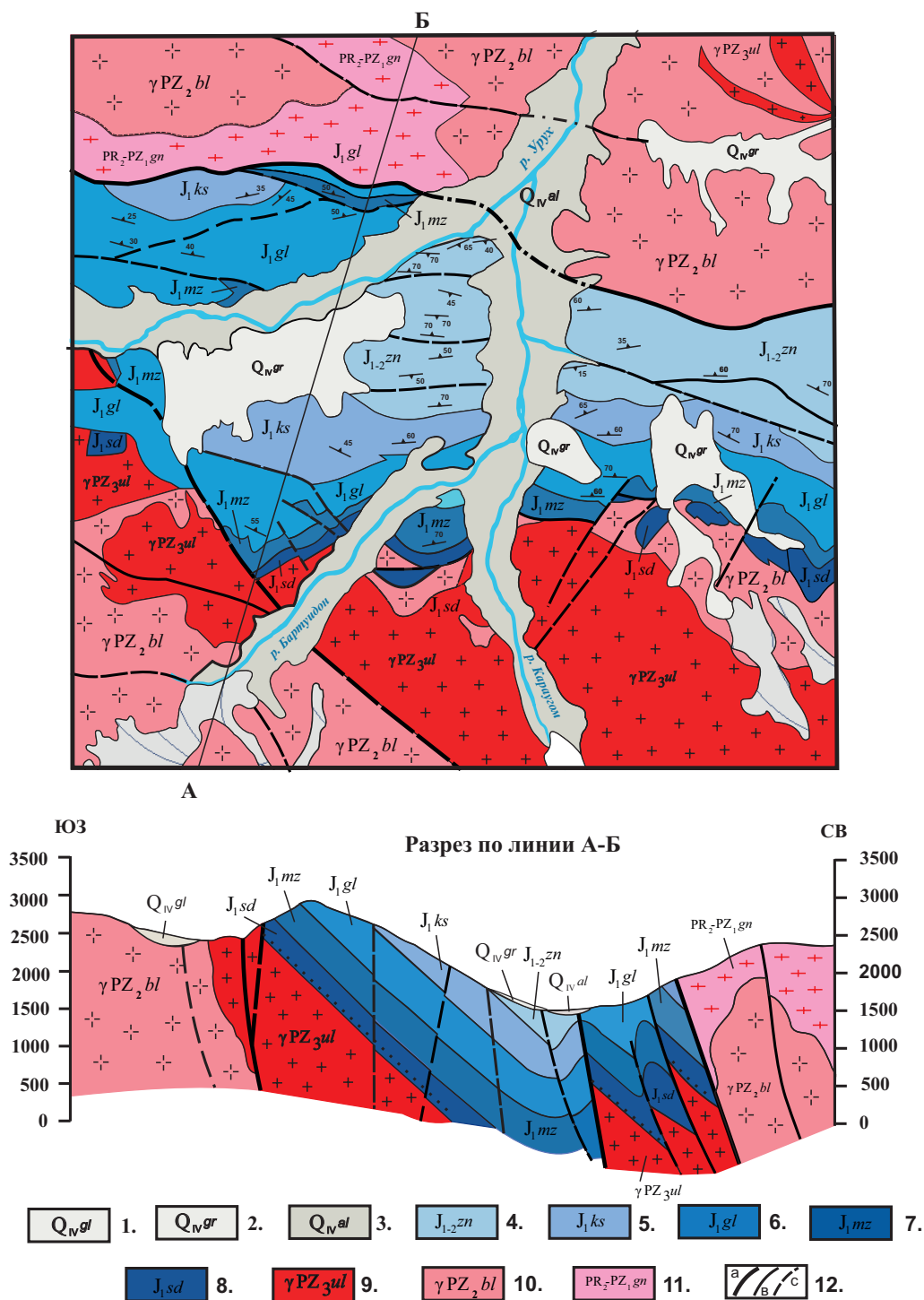


Рис. 2. Схематическая геологическая карта фрагмента Штулу-Хоресской депрессии (междуречье Караугом-Бартиудон-Урух) и разрез к ней

Современные и четвертичные образования: 1 – ледники и ледниковые отложения; 2 – оползневые образования; 3 – аллювиальные и пролювиальные образования. Отложения нижней-средней юры: 4 – зинцарская свита: аргиллиты, алевролиты, песчаники (тоар-аален); 5 – ксуртская свита: аргиллиты, алевролиты (нижний-верхний тоар); 6 – галиатская свита: аргиллиты, глинистые сланцы (тоар нижний); 7 – мизурская свита: песчаники, гравелиты, конгломераты (плинсбах); 8 – садонская свита: туфы и лавы андезитов-дацитов, конгломераты (синемюр-плинсбах).

Доюрское основание: 9 – граниты уллукамского комплекса (верхний палеозой); 10 – граниты белореченского комплекса (средний палеозой); 11 – мигматиты и анатектит-граниты гондарайской серии (верхний протерозой-нижний палеозой), 12 – разломы (а – главные, в – второстепенные, с – предполагаемые)

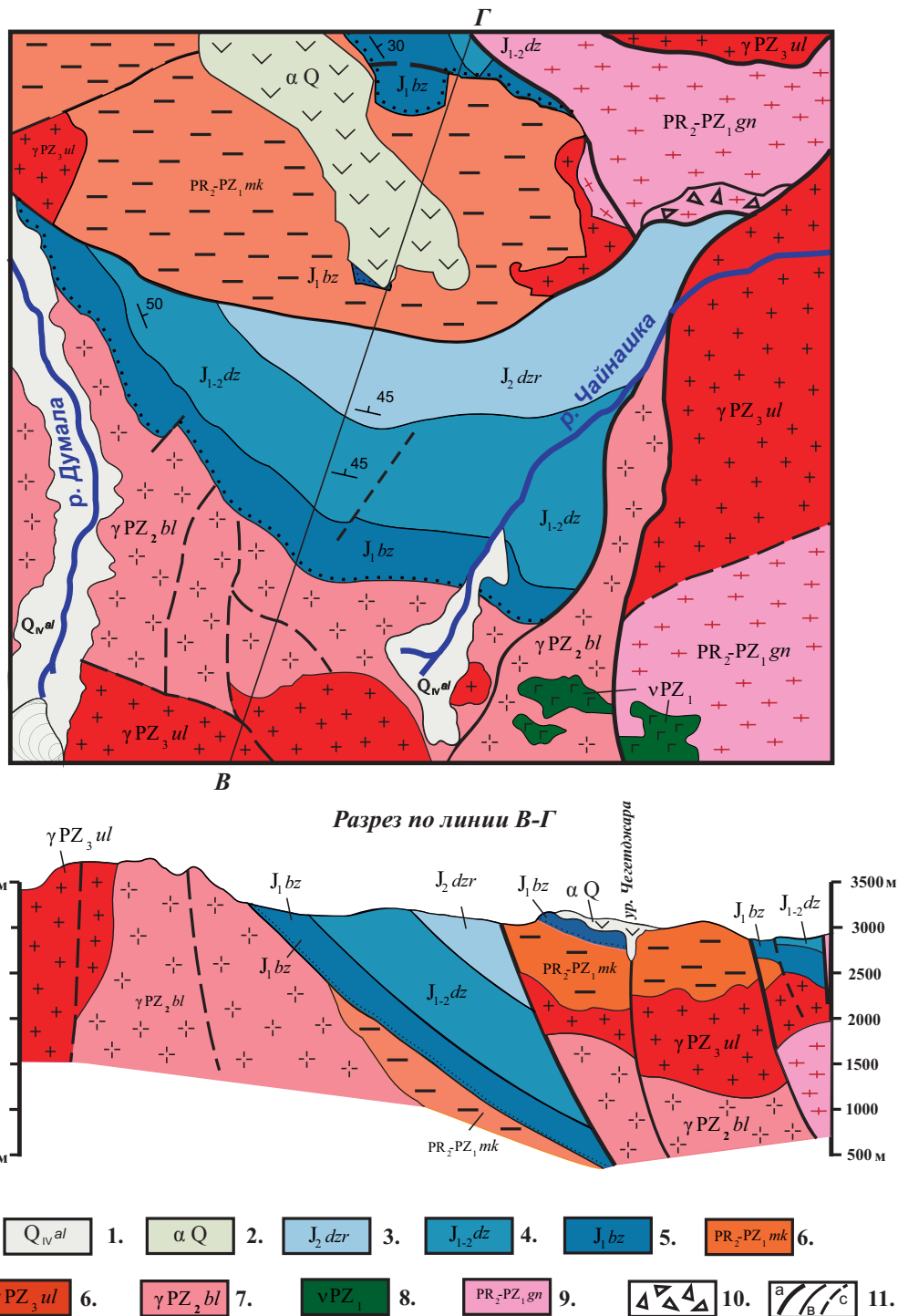


Рис. 3. Схематическая геологическая карта и разрез Думалинской впадины (междуречье Чайнашка – Думала)

Современные и четвертичные образования: 1 – аллювиальные отложения; 2 – андезитовые лавы четвертичного возраста. Нижне-среднеюрские отложения: 3 – джорская свита – аргиллиты (байос); 4 – джигатская свита: аргиллиты, песчаники, пакеты переслаивания (тоар, аален); 5 – безнегийская свита, песчаники, конгломераты (плинсбах, нижний тоар). Доюрское основание: 6 – макерская серия: кристаллические сланцы, амфиболиты (верхний протерозой – нижний палеозой); 6 – граниты уллукамкого комплекса (верхний палеозой); 7 – граниты белореченского комплекса (средний палеозой); 8 – габбро (нижний палеозой); 9 – мигматиты и анатектит – граниты гондарайской серии (верхний протерозой – нижний палеозой); 10 – тектонические брекчи; 11 – разломы (а – главные, в – второстепенные; с – предполагаемые)

в междуречье Черек Балкарский – Псыгансу в полосе выходов шириной до 3 км. Наиболее крутые углы падения пород чехла можно видеть в южном борту Штуллу-Хоресской депрессии (рис. 2), где нижнеюрские образования с углами падения $50\text{--}70^\circ$ залегают на гранитах фундамента с корами выветривания в них и постепенными переходами в песчаники основания нижней юры, подчеркивающие первично-седиментационные взаимоотношения между ними.

Статиграфическими исследованиями юрских отложений Центрального Кавказа [13, 14, 17] установлено, что, несмотря на наличие разрывной тектоники на границах структурно-фациальных зон – Лабино-Малкинской, Дигоро-Осетинской, Архыз-Гузерицкой и зоны Главного хребта, – между ними сохраняются признаки постепенных переходов (единого латерального ряда), что не согласуется с представлениями о складчато-надвиговой (коллажной) альпийской структуре Большого Кавказа.

Структурными исследованиями В.И. Шевченко [21] и В.Н. Шолпо и др. [25] выявлен ряд особенностей складчатой структуры Большого Кавказа, из которых в рамках рассматриваемой проблемы интересными представляются следующие:

– наиболее интенсивная складчатость наблюдается в положительных складчатых структурах – антиклинориях, преимущественно в их осевых частях;

– зоны интенсивного горизонтального сжатия отмечаются на границах ядер и крыльев антиклинориев и на границах антиклинориев и синклинориев; они перемежаются (здесь и далее выделено автором этой статьи) с зонами значительно менее интенсивного горизонтального сжатия;

– в периферических частях складчатых систем, в крупных синклинориях и на замыканиях антиклинориев, т. е. там, где полная складчатость приобретает характер промежуточной, четко прослеживается вертикальная этажность складок, с более сложной и более простой морфологией; интенсивность деформаций вверх по разрезу обычно уменьшается, в целом деформации в породах чехла вблизи границы с фундаментом отличается большей неоднородностью, т. е. наряду с интенсивно нарушенными участками есть участки относительно простого строения;

– «главная» складчатость орогенного этапа завершает становление структуры, вновь охватив уже сформировавшиеся зоны ранней складчатости в центральных поднятиях, на

месте которых в это время образуются антиклинории, а также остаточные внутренние прогибы, на месте которых формируются синклинории.

Перечисленные выше особенности строения находят объяснение в рамках предлагаемой модели.

МЕХАНИЗМ РОТАЦИИ

Принципиальная схема механизма ротации блоков, как она видится автору, показана в трех последовательных стадиях на рис. 4. В качестве модели выбрано слоистое тело, набор слоев которого подобен строению земной коры в пределах Центрального Кавказа. Тело состоит из трех слоев: нижнего (слой А) – высокопластичного с реологическими свойствами несжимаемой жидкости; среднего (слой В) – жесткого, обладающего характеристиками упругого тела, разбитого косо секущими под углом 45° плоскостями (что близко к реальному соотношению между элементами залегания пород чехла и ограничивающих разрывов) на серию ромбоэдров; и верхнего (слой С), так же как и нижнего достаточно пластичного, отвечающего осадочному чехлу. Для каждого из слоев (в рамках модели) предполагаются выдержанные плотностные характеристики и устойчивое (сверху – вниз) изменение температурного градиента. В обстановке интенсивного горизонтального сжатия появление тангенциальных сил, действующих в пределах кососекущих плоскостей, ограничивающих ромбы слоя В, имеющих вертикальные составляющие, причем разнонаправленные на противоположных сторонах ромбов (рис. 5), должно приводить к его вращению, которое будет продолжаться до момента, когда сопряженные стороны ромбов займут вертикальное (перпендикулярное направлению сжатия) положение.

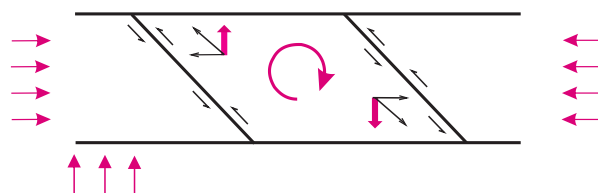


Рис. 5. Раскладка сил на сторонах ромба

При этом, как это видно на рис. 4, одновременно с ротацией собственно ромбов и разнонаправленным движением их сопряженных сторон изменяется положение плоскости, по которой происходит их трансляция, от косоугольного до вертикального.

Естественно, что их вращение может происходить только в случае, если достаточны силы, его вызывающие, а реологические свойства слоев А и В допускают возможность осуществления ротации. Очевидно, что эти условия должны отвечать модели разломно-магматической изостазии [6]. В этом случае, последовательно от начальной стадии до завершающей, вследствие вращения ромбоэдров-блоков слоя В, в тех размерах, как это показано на рис. 4, при сохранении осей ротации на одном горизонтальном уровне и неизменности объема материала в каждом из слоев (эти условия приняты лишь с целью оценки, в первом приближении, геометрических зависимостей, связанных с вращением ромбоэдров-блоков) происходит:

- сокращение площади горизонтальной проекции слоя В на 30–35 % и уменьшение его мощности в плоскостях сочленения ромбов на 50 % от исходных размеров, в центральных же частях ромбов вертикальный ее размах увеличивается на 70 %; 17–20 % объема слоя В поднимается на уровень слоя С, и аналогичный объем материала погружается на уровень слоя А (здесь и далее процентные соотношения определены на разрезах графически, путем замера соответствующих площадей);

- в результате трансляции сторон происходит выведение на уровень слоя С до 65 % вертикального сечения (мощности) слоя В, а размах этой трансляции может составлять до 100 % толщины последнего;

- появление на всем протяжении тела в слое С, наряду с горизонтальными (сжатия), вертикальных разнонаправленных сил в результате их суммарного действия будет вызывать смятие материала; одновременно будет происходить вздымание и увеличение толщины слоя, причем величина вздымания может составить до 50–60 % ее первоначальной величины (за счет сокращения площади основания и внедрения части материала слоя В);

- создание избыточного давления в слое А и вытеснение до 10 % его материала в освобожденное пространство слоя В; помимо этого, за счет сокращения ширины выхода слоя (в случае неизменности положения нижней границы) и погружения части материала слоя В, избыточными оказываются до 30 % его жидкого материала, что должно вызывать вздымание слоев В и С;

- учитывая разницу в плотностных характеристиках слоев и температурный вертикальный градиент, в результате вращения блоков на границах слоев возникнут плотностные и температурные неоднородности.

Кроме этого, из представленной модели вытекает ряд геометрических зависимостей:

- взаимозависимость перемещения на разных сторонах ромба;

- зависимость вертикальной амплитуды перемещения по сопряженным сторонам и величины сокращения горизонтальной проекции от толщины ромба, его длины и угла вращения;

- от этих же параметров будет зависеть расстояние между участками вздымания в слое С и объем инъецированного материала из слоя А в слой В.

Если принять, что слой А соответствует магматическому очагу (в пределах нижней коры или на границе коры и мантии), слой В – жесткому кристаллическому основанию гранит-мигматитового состава (верхней коре), а слой С – осадочному чехлу, то последовательность развития геологических событий в рамках рассматриваемой модели представляется в следующем виде.

На первом этапе, в результате вращения блоков фундамента, связанного с общим сжатием, будет происходить: образование в чехле крупных асимметричных складок с расстояниями между ними (однотипными), равными ширине блоков фундамента; формирование зон вязкого течения вдоль плоскостей трансляции; поднятие магмы и образование промежуточных очагов на участках сочленения блоков и дальнейшее ее инъецирование в верхние слои. На последующих этапах будет происходить трансформация складок, образованных на первом этапе, в систему структур антиклинорного и синклинорного типов, формирование крутопадающей разрывной тектоники и надвигов в осевых или близких к ним частях антиклинальных структур вблизи фундамента; образование блочной структуры фундамента и формирование на границах блоков крупноамплитудных разрывных нарушений (либо системы нарушений), сопровождаемых магматическими проявлениями, возникшими в результате эволюции первичных магм в промежуточных очагах и контаминации окружающих их пород. Одновременно в нижней части коры возникают плотностные и термальные неоднородности, приводящие к активизации процессов в нижней коре, вызывающих на этом уровне метаморфизм термально-купольного типа. В приповерхностной части фундамента, также в результате вращения блоков, ранее сформированная метаморфическая зональность нарушается и приобретает мозаичный характер.

При ограниченном объеме очага «избыточное» количество магматического расплава будет, с одной стороны, вызывать подъем структу-

Проекция сегмента из 9-ти ромбоэдрических блоков слоя В на горизонтальную плоскость
в трех последовательных стадиях

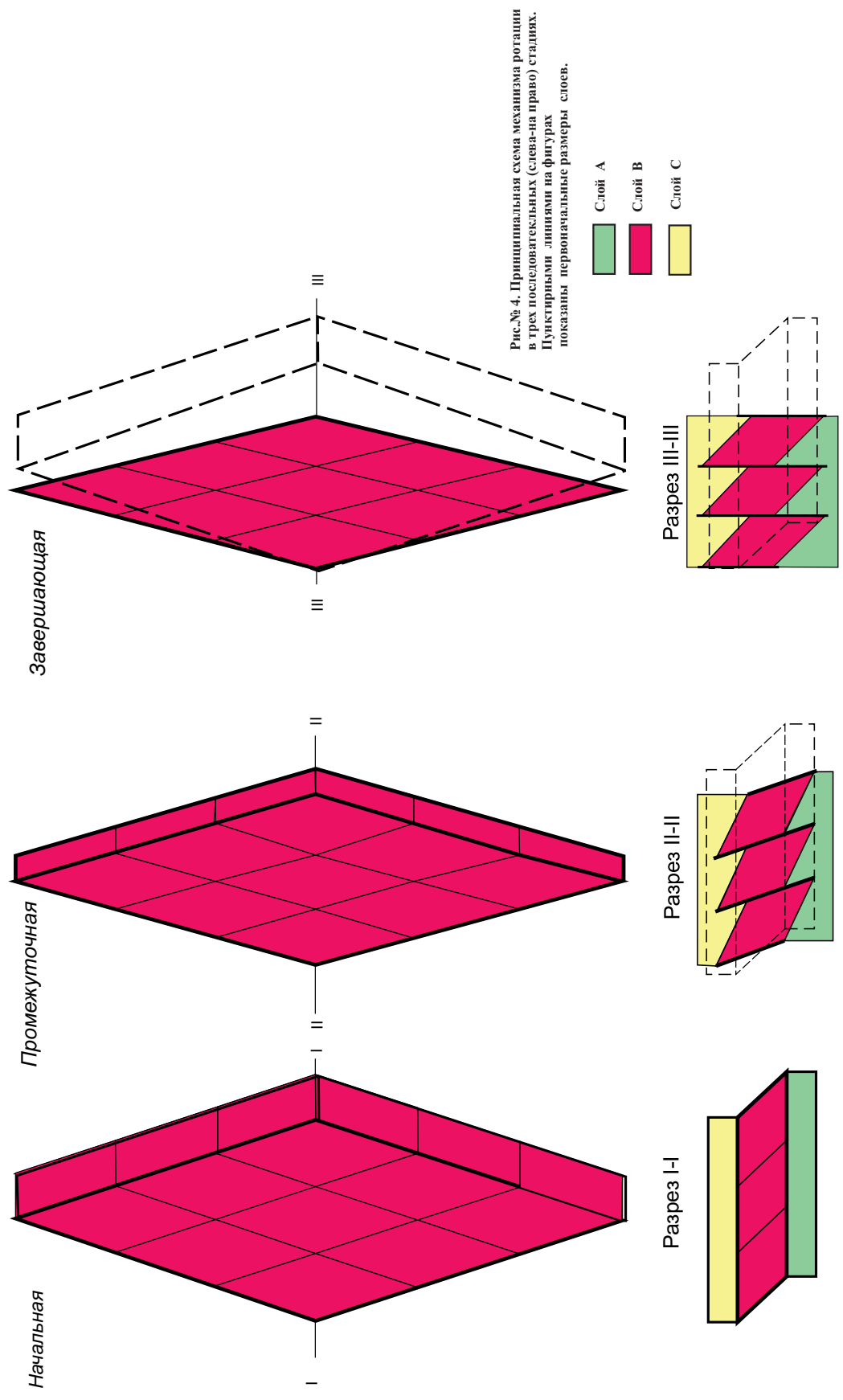


Рис. № 4. Принципиальная схема механизма ротации в трех последовательных (слева-на право) стадиях. Пунктирными линиями на фигурах показаны первоначальные размеры слоев.

ры в целом, с другой – интродуцировать в верхние горизонты. В случае если мощность чехла значительно превосходит максимальную амплитуду вздымания блоков фундамента, можно полагать в нем неоднородный характер распределения складчато-разрывных деформаций. В нижней его части (охватывающей «область вздымания») будут наблюдаться амплитудные крутопадающие разрывные нарушения, разделяющие блоки чехла и фундамента, и неравномерно проявленные складчатые деформации. Неравномерное проявление последних обусловлено жестким характером фундамента в интервалах между разломами, разделяющими блоки (наличием теневых зон).

Формирование складчатости обусловлено, с одной стороны, наличием сил горизонтального сжатия и сокращением размеров жесткого основания складчатой системы, а с другой – наличием синхронно действующих разнонаправленных вертикальных сил действующих на границах блоков. Следует полагать, что с последними (вертикальными) силами и будет связана наиболее интенсивная складчатость. В верхней части чехла будет наблюдаться сочетание интенсивных вер-

тикальных движений и горизонтального сжатия и, как следствие, формирование асимметричных структур антиклинорного (над участками вздымания блоков фундамента) и синклинорного (над участками опускания) типов, амплитудных вертикальных разрывных нарушений, приуроченных к крыльям складок и надвигов в сводовых частях и замках антиклинальных структур. Симметричность складчатости снизу вверх, по-видимому, должна возрасти, а ее интенсивность – падать.

Резюмируя, следует отметить, что помимо механизма формирования складчатости модель достаточно убедительно показывает:

- на чем может быть основана временная связь магматических процессов и фаз складкообразования;

- каким образом в условиях интенсивного сжатия может разрешаться проблема свободного пространства для внедрения магматического расплава;

- каким образом в приповерхностные условия могут быть быстро выведены толщи ранее метаморфизованных пород высоких фаций метаморфизма.

Окончание следует.

UNIDIRECTIONAL ROTATION OF THE FOUNDATION BLOCKS, AS A MECHANISM FOR REDUCING THE BASEMENT SIZE FOLD SYSTEM (FOR EXAMPLE, THE CENTRAL CAUCASUS)

Part № 1

Y.A. Kirichko

Department of Geology and Mineral Resources of the North Caucasus
Federal District. Essentuki, Stavropol region.

Abstract. For the Cimmerian and Alpine stages in the development of the Central Caucasus (CC) considered mechanism of folding, taking into account the nature of the block structure of the basement, occurrence mantle relics and especially manifestations of folded deformations. The decisive in the formation of a folding hard unidirectional rotation of the foundation blocks. The rotation mechanism is seen as part of a three-layer model of the Earth's crust. Formation of folding during the rotation of the foundation blocks due to the presence of horizontal compression forces, reduction of the surface of the hard base and the presence of synchronous current divergent vertical forces acting on the block boundaries. Within the Central Caucasus released 10 major large blocks having features of the mechanism, much of which previously stood as elevations and depressions.

Keywords: Central Caucasus, foundation, cover, depression, depression, elevation, mechanism of folding, the reduction of the size of the hard basement, the rotation of the blocks of basement, dynamic fault.