

КВАЗИТРЕХМЕРНАЯ ТРЕХСТАДИЙНАЯ МОДЕЛЬ АЛЬПИЙСКОГО РАЗВИТИЯ СКЛАДЧАТОГО ОСАДОЧНОГО ЧЕХЛА СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО КАВКАЗА ПО ДАННЫМ О ВЕЛИЧИНАХ ДЕФОРМАЦИЙ

Ф.Л. Яковлев

Институт физики Земли им. О.Ю.Шмидта РАН, Москва, yak@ifz.ru

Одна из задач структурной геологии и тектонофизики – дать представление о строении крупных структур земной коры, в частности складчатых систем. Существуют два способа таких геологических реконструкций: 1) с использованием известных геодинамических схем и 2) на основании исследования величин деформации. При первом способе может быть получена только интерпретация конкретной структуры с той же степенью достоверности, как и сама схема. Нами используется второй способ, который может показать относительно более реальную структуру, не связанную с теоретическими схемами. Для реализации второго способа используется многограновый деформационный анализ структур линейной складчатости, объединяющий методы исследования кинематики объектов разного размера – от отдельных складок до складчатых систем (всего 7 иерархических уровней [Яковлев, 1997; Ребецкий и др., 2004]). В рамках этой иерархической системы границы объектов совпадают с границами действия соответствующих механизмов формирования структур [Яковлев, 2008а]. Это важно, поскольку использование для определения величин деформаций обычных объектов структурной геологии, которые удобны для геологического картирования, в историческом плане не имело успеха именно потому, что приписываемые им механизмы формирования а) не совпадали с границами объектов и б) не имели численного описания изменений геометрии. Иерархическая система имеет следующие уровни, связанные с объемом охваченной объектом слоистости: I) внутрислойный – охватывает зерна и включения; II) слои, включает отдельные складки; III) значительные пакеты слоев и свиты; морфологически это состоящие из многих складок складчатые домены; IV) осадочный чехол целиком, здесь выделяются «структурные ячейки»; V) целиком кора, распространяется на тектонические зоны; VI) возможно, литосферу целиком и объединяет ряд тектонических зон как складчатую систему (часть подвижного пояса, например мегантиклинорий Большого Кавказа); VII) складчато-надвиговый пояс целиком. Общее направление исследования заключается в последовательном изучении объектов от мелких (например, от складок, которые имеют простую геометрию и лучше разработанные модели фор-

мирования) к более крупным и менее исследованным объектам (к складчатой системе). Важным аспектом подхода является изучение природных объектов путем численного их сравнения с моделями образования. Результатом исследований, в связи с этим, может быть не только проверка нескольких геодинамических моделей, но и получение материала объективного характера, не связанного с какими-либо геодинамическими моделями, что позволит выдвигать более реалистичные модели, чем это имело место ранее. Для данной работы исходным материалом служат структурные профили, составленные по многочисленным замерам непосредственно в поле.

Для анализа структуры Северо-Западного Кавказа были использованы 11 пересечений общей длиной около 350 км, составленные Т.В. Гиоргобиани и Е.А. Рогожиным [Гиоргобиани и Закарая, 1989; Шолпо и др., 1993] и расположенные в полосе шириной до 50 км от Анапы до Адлера (рис. 1). Все пересечения (рис. 2) были разделены на домены (3-й уровень иерархии) общим числом 244, охватывающие участки складок длиной вдоль профиля от 0.5 до 3 км, а по объему слоистости – существенную часть осадочного слоя. В пределах этих доменов были измерены следующие параметры: средний наклон осевых поверхностей складок, наклон зеркала складок, величина укорочения в направлении перпендикуляра к осевой плоскости, длина отрезка линии профиля и наклон этого отрезка (рис. 3, 4). Первые три параметра фактически образуют эллипсоид деформации (рис. 3) для объема слоистых пород в рамках домена (имея в виду, что для линейных складок по средней оси эллипсоида в направлении их шарнира деформация отсутствует). Осевые плоскости дают наклон длинной оси, величина укорочения дает соотношение длинной и короткой осей эллипса. Для восстановления доскладчатого состояния каждого домена были использованы три кинематических операции: 1) поворот домена до горизонтального состояния зеркала складок, 2) простое горизонтальное сдвигание до вертикального положения осевой плоскости, 3) горизонтальное растяжение (чистый сдвиг) до исчезновения складок ([Яковлев, 2002; 2008б]). Поскольку в рамках этих операций менялись длина и наклон отрезка линии профиля, то получаемое досклад-

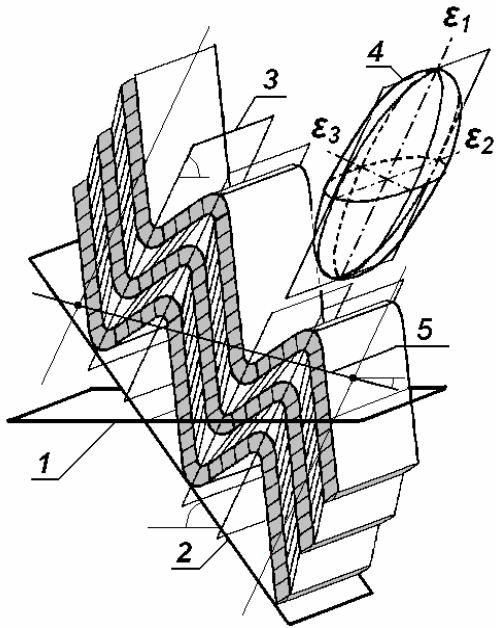


Рис. 3. Элементы геометрии складчатого домена и их замеры (по [Yakovlev, Voitenko, 2005], с изменениями)
 1 – горизонтальная плоскость; 2 – плоскость зеркала складок, клона; 3 – осевая плоскость, угол ее наклона; 4 – эллипс деформации (результат определения величины укорочения); 5 – линия длины и угла наклона

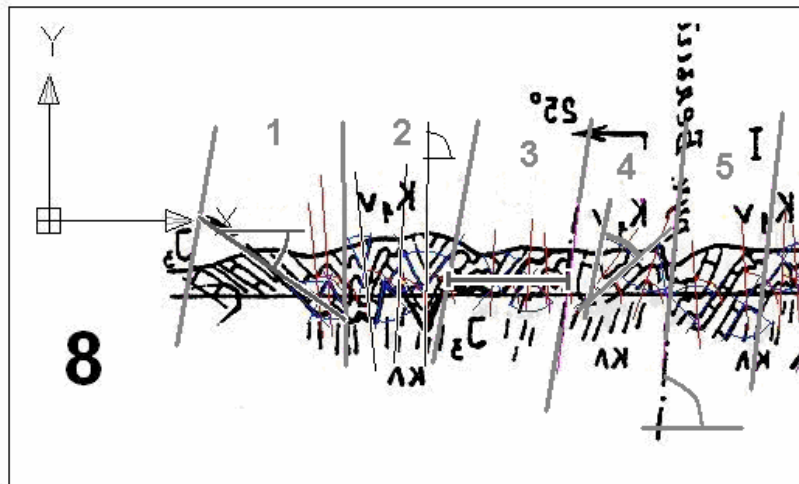


Рис. 4. Замеры элементов геометрии складчатых доменов (в среде ACAD, на примере профиля 8). Север слева. Замеры делаются слева направо в соответствии с работой компьютерной программы. Серые линии разной плотности показывают: границы доменов (везде, цифры – номера доменов), длина отрезка профиля (и его наклон) домена (домен №3), наклоны осевых плоскостей (№2), наклон зеркала складок (№1), угол схождения крыльев складок (величина укорочения, №4), угол наклона разрыва (№4/№5)

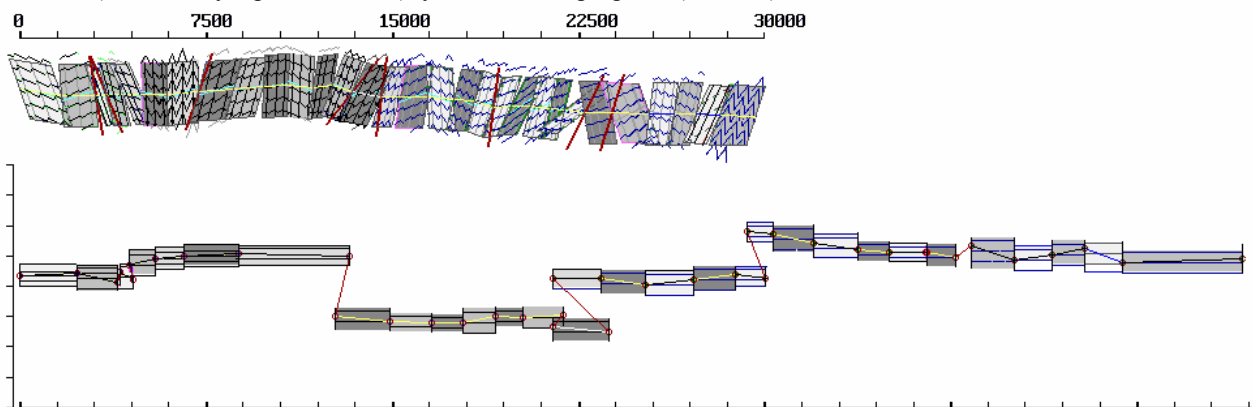


Рис. 5. Пример построения сбалансированных разрезов для СЗ Кавказа методом восстановления доскладчатой структуры тектонических зон по геометрии структурных доменов (для части профиля 7). Цвета доменов носят условный характер. Верхний разрез построен компьютерной программой по результатам замеров природной структуры. Длина полного пересечения – 34.9 км, доскладчатая – 58.4 км, сокращение – 40% (0.60)

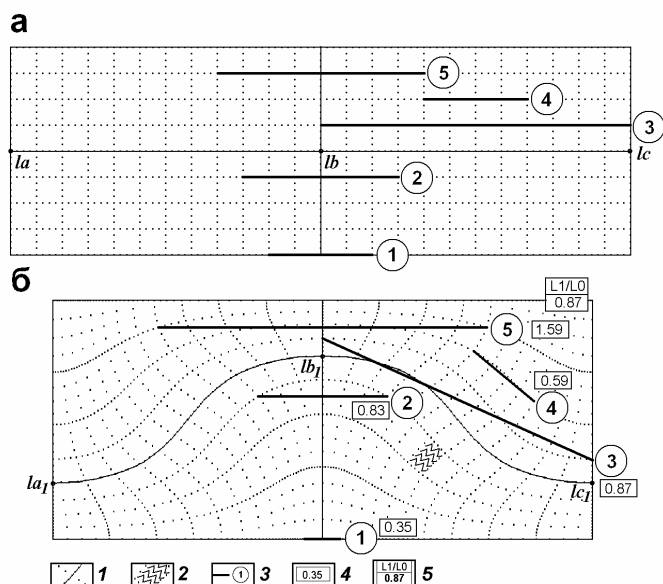


Рис. 6. Структурная ячейка как минимальная структура, укорочение которой совпадает с тектонически обусловленным горизонтальным укорочением осадочного чехла (по [Яковлев, 2008а] с изменениями). «а» – Две смежные ячейки в начальном состоянии. «б» – Те же две ячейки после действия квазиизгиба (комбинации адвекции и сплющивания). Только для отрезка №3 сокращение совпадает с общим укорочением.

1 – первоначальная сетка и ее искажение, сплошная линия $la - lb - lc$ сохранила свою длину, 2 – символическое изображение складок в пределах условного домена, 3 – отрезок и его номер, 4 – величина горизонтального укорочения для отрезка, 5 – величина общего укорочения для ячеек

Таблица 1. Выделение структурных ячеек на примере пересечения № 3. Показаны первые две и последние две ячейки. На сером фоне показаны доскладчатые и современные длины пересечения для структурных ячеек

domain number	magnit. of fault	pre-fold length	cumulat length	recent length	cumulat recent	
1	0	3031	3681	3075	3075	
2	-18	2334	5397	1619	4894	
3	-76	1937	7308	1738	6432	
4	2	1525	8835	1211	7643	
5	-23	3175	11987	1740	9395	13121 10095
6	-2	1136	13121	706	10095	0,77 Sh
7	27	2196	15344	1969	12094	23,08 %
8	0	2435	17779	2022	14896	
9	134	1941	19654	1969	16655	
10	34	3278	23166	1969	18624	13708 10742
11	-215	3878	26429	2213	20837	0,78 Sh

23	-1257	4927	46739	2593	43658	35,90 %
24	5190	228	46149	1174	43932	
25	-1609	222	44762	1278	45110	
26	621	659	48939	780	45990	
27	374	1349	47962	854	46744	
28	0	1647	49099	1203	47947	
29	0	1953	71262	1582	49529	15702 10794
30	-26	1926	72942	1330	50959	0,66 Sh
31	-10	1948	74799	1501	52360	31,26 %
32	-22	2049	76726	1188	53548	
33	186	1945	78697	126	54283	9463 4449
34	3578	180	82315	1025	56388	0,47 Sh
			82315		56388	52,94 %

Shortening Sh=LOL1 Sh= 0,67 or 32,81 %

Как видно из таблицы 2, величины укорочения изменялись от небольшого удлинения или слабого укорочения в северных ячейках западных профилей (от -10% до 2%) и южных частях восточных (15-20%) до относительно больших в южных доменах западных профилей (50-65%), а также в центральных и северных доменах восточных профилей (50-65%). Распределение величин укорочений наглядно представлено на рис. 7. По этим данным была построена квазитрехмерная модель осадочного чехла для доскладчатой постседиментационной стадии его развития (рис. 8). В ней по координатам восстановленного положения границ 42-х структурных ячеек и по исходным мощностям стратиграфических подразделений (табл. 2, столбцы 6-8) были построены позиции трех основных реперов – подошв отложений юры, мела и палеогена на момент начала олигоцена (при этом за ноль в стратиграфических колонках принималась подошва олигоцена).

Как видно из модели, в западных пересечениях первичные мощности чехла составляют от 13-15 км на севере (локально – 3.5 км) до 17.3 км в южной части структуры, а для центральных и

восточных пересечений существует осевой прогиб с мощностями 15-16 км в центральной части и 7-9 км по краям. Средняя мощность чехла составляла 13 км. Ряд известных фактов (почти региональное предолигоценное несогласие, отсутствие сжатия в олигоцене по исследованиям палеостресса, появление первых конгломератов в сармате и отсутствие значительных пликтивных деформаций поверхностей выравнивания) позволяет выделить вторую стадию – постскладчатую доорогенную. Для этой модели как предельный случай все складчатое укорочение структурных ячеек приводит к соответствующему увеличению мощности осадочного чехла и погружению подошвы юры, но воздымания горного сооружения и размыва пока не происходило. Для построения квазитрехмерной модели чехла для этой стадии используются современные координаты структурных ячеек и глубины реперов, полученные после вычисления новых постскладчатых мощностей колонны осадков (табл. 2, столб. 9-11, рис. 9). Как это видно из рисунка и таблицы, возникший рельеф подошвы чехла в основном наследует структуру бассейна осадконакопления – осевые части прогибов располагаются в

центре двух западных пересечений (23-27 км), в самой южной части трех центральных пересечений (3-5, до меридиана г. Туапсе) – до 34-50 км,

и опять в центре восточных пересечений (15-20-44 км). Средняя глубина подошвы чехла для этой стадии составляет 22 км.

Таблица 2. Результаты вычислений длин отрезков профилей для структурных ячеек, величин сокращений и глубин маркирующих горизонтов. Длины и глубины приводятся в километрах

Стадии (столбцы 6-15) →					Доскладчатая			Постскладчатая			Постороженная			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Профиль ячейка	Число доменов	Доскладчатая длина	Современная длина	Величина сокращения	Подошва J	Подошва K	Подошва P _g	Подошва J	Подошва K	Подошва P _g	Подошва J	Подошва K	Подошва P _g	Поднятие фундамента
1A	6	13.6	14.5	1.07	-17.0	-9.5	-0.9	-15.8	-8.8	-0.8	-13.3	-6.3	1.7	2.6
1B	4	18.8	11.7	0.62	-17.0	-9.5	-0.9	-27.3	-15.2	-1.5	-22.7	-10.6	3.2	4.6
1C	5	17.4	15.4	0.88	-17.0	-9.5	-0.9	-19.3	-10.7	-1.0	-17.1	-8.6	1.1	2.2
3	15	49.8	41.6	0.84	<i>Столбцы 1-5 слева: параметры для пересечения 1 в целом</i>									
2A	8	13.5	14.9	1.10	-15.2	-7.7	-0.9	-13.8	-7.0	-0.8	-12.4	-5.5	0.6	1.5
2B	5	16.1	11.1	0.69	-16.7	-9.2	-1.2	-23.3	-12.5	-1.3	-18.8	-7.9	3.2	4.5
2C	7	11.2	10.0	0.89	-17.3	-9.8	-1.2	-19.4	-11.0	-1.3	-15.9	-7.5	2.2	3.5
3	20	40.9	36.1	0.88	<i>Столбцы 1-5 слева: параметры для пересечения 2 в целом</i>									
3A	6	13.1	10.1	0.77	-14.2	-6.7	-1.2	-18.4	-8.7	-1.6	-16.7	-6.9	0.2	1.8
3B	5	13.7	10.7	0.78	-14.7	-7.2	-1.2	-18.8	-9.2	-1.5	-12.6	-3.0	4.7	6.2
3C	6	15.2	9.6	0.63	-17.1	-9.6	-1.2	-27.1	-15.2	-1.9	-16.8	-4.9	8.4	10.3
3D	5	15.1	9.7	0.64	-17.1	-9.6	-1.2	-26.7	-15.0	-1.9	-18.2	-6.5	6.7	8.5
3E	8	15.7	10.8	0.69	-17.1	-9.6	-1.2	-24.8	-13.9	-1.7	-19.0	-8.2	4.0	5.7
3F	4	9.5	4.4	0.47	-17.1	-9.6	-1.2	-36.4	-20.4	-2.6	-31.7	-15.7	2.2	4.7
6	34	82.3	55.3	0.67	<i>Столбцы 1-5 слева: параметры для пересечения 3 в целом</i>									
4A	10	15.9	15.5	0.98	-13.6	-6.2	-1.4	-13.7	-6.3	-1.4	-11.6	-4.1	0.8	2.2
4B	6	13.7	8.7	0.63	-16.2	-8.8	-1.4	-20.2	-9.9	-1.9	-8.7	1.6	9.7	11.5
4C	10	15.8	11.8	0.75	-16.2	-8.8	-1.4	-21.6	-11.7	-1.8	-12.7	-2.8	7.1	8.9
4D	4	9.7	4.7	0.48	-16.2	-8.8	-1.4	-33.8	-18.3	-2.8	-20.7	-5.3	10.2	13.0
4E	5	16.6	8.0	0.48	-16.3	-8.9	-1.4	-34.0	-18.5	-2.8	-27.3	-11.9	3.9	6.7
5	35	71.7	48.7	0.68	<i>Столбцы 1-5 слева: параметры для пересечения 4 в целом</i>									
5A	6	14.4	9.7	0.67	-12.8	-4.5	0	-19.1	-6.7	0	-11.2	1.2	8.0	8.0
5B	5	16.3	10.0	0.61	-12.8	-4.5	0	-21.0	-7.4	0	-7.0	6.6	14.0	14.0
5C	3	15.1	5.9	0.39	-12.7	-5.7	-0.4	-32.5	-14.5	-1.0	-14.2	3.7	17.2	18.2
5D	4	13.2	4.4	0.33	-16.1	-8.0	-1.0	-48.8	-24.2	-2.9	-26.6	-2.1	19.3	22.2
5E	5	23.3	9.3	0.40	-16.1	-8.0	-1.0	-40.3	-20.0	-2.4	-29.0	-8.7	8.9	11.3
5	23	82.4	39.4	0.48	<i>Столбцы 1-5 слева: параметры для пересечения 5 в целом</i>									
6A	5	12.6	6.1	0.49	-12.8	-4.5	0	-26.1	-9.2	0	-9.4	7.5	16.7	16.7
6B	7	14.4	7.1	0.49	-12.3	-4.5	0	-25.1	-9.2	0	-5.7	10.2	19.4	19.4
2	12	27.0	13.2	0.49	<i>Столбцы 1-5 слева: параметры для пересечения 6 в целом</i>									
7A	7	13.3	7.5	0.56	-8.5	-3.1	0	-15.1	-5.4	0	-4.4	5.3	10.7	10.7
7B	6	8.7	6.3	0.73	-11.5	-4.5	0	-15.8	-6.2	0	-4.6	5.0	11.2	11.2
7C	11	14.6	9.6	0.66	-15.1	-8.0	-1.0	-22.9	-12.1	-1.4	-13.2	-2.5	8.2	9.7
7D	6	12.7	7.0	0.55	-9.8	-6.3	-2.5	-17.8	-11.4	-4.5	-6.9	-0.6	6.3	10.9
7E	3	9.2	4.5	0.49	-9.8	-6.3	-2.5	-19.9	-12.8	-5.1	-7.7	-0.6	7.1	12.2
5	33	58.4	34.9	0.60	<i>Столбцы 1-5 слева: параметры для пересечения 7 в целом</i>									
8A	6	10.5	5.6	0.54	-9.1	-4.5	0	-16.9	-8.4	0	-3.6	4.9	13.3	13.3
8B	7	11.4	7.5	0.66	-16.1	-8.0	-1.0	-24.4	-12.1	-1.4	-12.4	-0.2	10.5	11.9
8C	4	12.7	4.6	0.36	-16.1	-8.0	-1.0	-44.7	-22.2	-2.6	-25.1	-2.6	17.0	19.6
8D	6	12.7	9.8	0.77	-10.8	-6.3	-2.5	-14.0	-8.2	-3.3	-7.9	-2.1	2.8	6.0
8E	4	8.3	7.0	0.84	-10.8	-6.3	-2.5	-12.8	-7.5	-3.0	-10.0	-4.6	-0.1	3.4
5	27	55.6	34.5	0.62	<i>Столбцы 1-5 слева: параметры для пересечения 8 в целом</i>									
9A	5	6.6	3.2	0.49	-8.8	-3.3	-0.2	-17.9	-6.6	-0.4	-5.6	5.7	11.9	12.3
9B	8	11.5	7.9	0.69	-8.8	-3.1	0	-12.4	-4.4	0	-2.2	5.7	10.2	10.2
2	13	18.1	11.1	0.61	<i>Столбцы 1-5 слева: параметры для пересечения 9 в целом</i>									
10A	5	10.1	3.7	0.37	-9.8	-6.3	-2.5	-26.4	-17.0	-6.8	-15.2	-5.8	4.4	11.1
10B	5	6.7	4.4	0.65	-10.8	-6.3	-2.5	-16.5	-9.7	-3.8	-8.3	-1.5	4.4	8.2
10C	5	6.9	5.5	0.80	-10.8	-6.3	-2.5	-13.4	-7.9	-3.1	-6.9	-1.3	3.4	6.5
10D	6	8.9	7.3	0.82	-7.6	-3.6	-1.8	-9.1	-4.4	-2.1	-9.1	-4.4	-2.1	0
10E	5	7.6	6.3	0.83	-7.3	-3.3	-1.5	-8.7	-4.0	-1.7	-8.6	-3.9	-1.7	0
5	26	40.1	27.2	0.68	<i>Столбцы 1-5 слева: параметры для пересечения 10 в целом</i>									
11A	6	8.3	4.9	0.59	-8.8	-3.3	-0.2	-14.8	-5.5	-0.3	-5.4	3.8	9.1	9.6

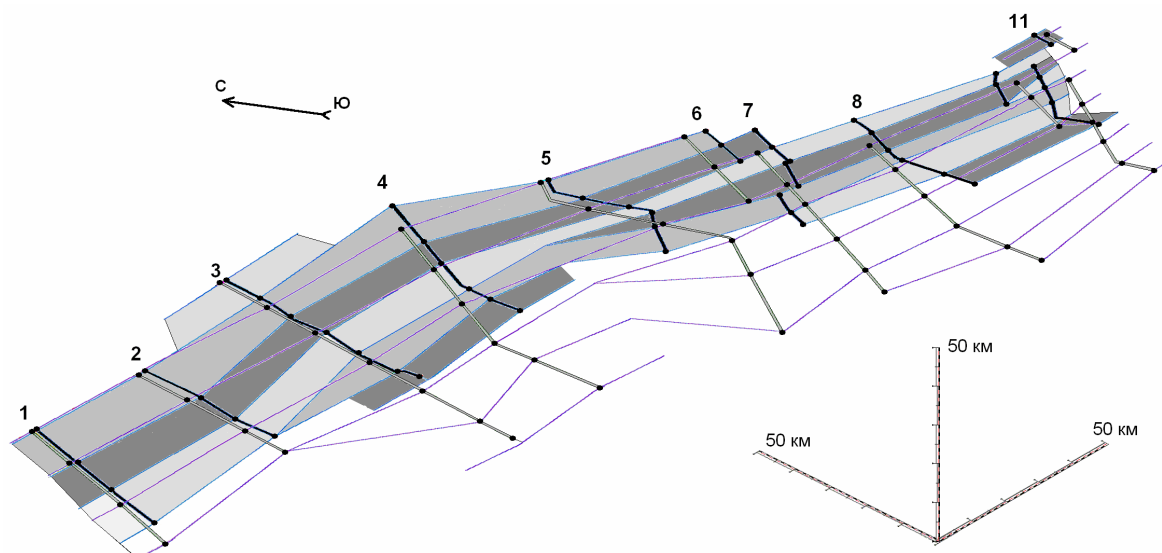


Рис. 7. Карта доскладчатого и современного положения границ структурных ячеек. Черные линии с номерами - современное положение структурных пересечений, серые (большой длины) - соответствующие доскладчатые пересечения. Точки и соединяющие их субпараллельные линии - границы ячеек в доскладчатых и современных координатах. Заливка различной тональности, выполненная для современных координат границ ячеек подчеркивает их конфигурацию

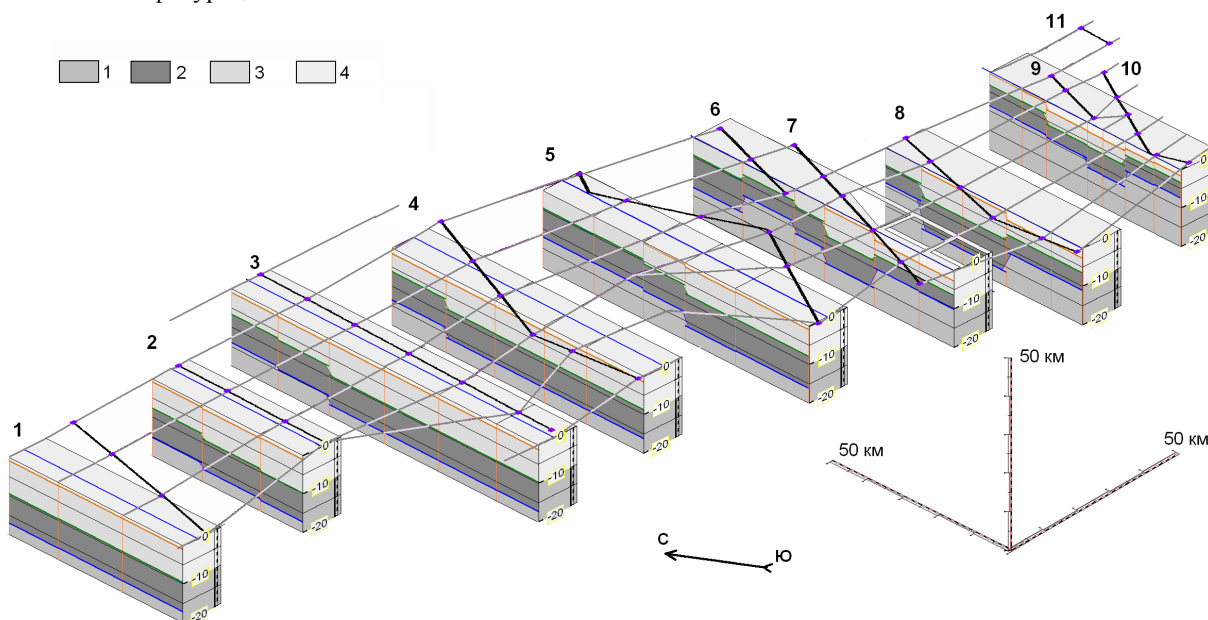


Рис. 8. Доскладчатая структура мезо-кайнозойского осадочного чехла Северо-Западного Кавказа (стадия 1), показанная в виде квазитрехмерной модели (разрезы в аксонометрической проекции). Масштабные линейки по осям показаны справа внизу. Черные линии и номера - структурные пересечения (смотри рис. 1 и 7), серые - границы ячеек с интерполяцией. На разрезах серым цветом разной плотности показаны: 1 - палеозойский метаморфический фундамент, 2 - юрские отложения, 3 - меловые отложения; 4 - палеоценовые и эоценовые отложения

Вычисление параметров современной структуры (стадия 3) производилось после того, как была определена средняя «глубина» тех осадков, которые наблюдаются на поверхности Земли в каждой ячейке. Это легко выполняется, поскольку в процессе построения сбалансированного разреза для каждого домена были вычислены «глубины» начальных и конечных точек. Полученная средняя глубина с поправкой на высоту современного рельефа дает амплитуду орогенного поднятия подошвы чехла (точнее - высоту

колонны размытых осадков, табл. 2, столб. 15), а также позволяет вычислить современную глубину подошвы чехла и других реперных уровней (табл. 2, столб. 12-14, рис. 10). Расположение максимальных значений этих глубин для ячеек в целом сохраняется - в центре двух самых западных (19 - 23 км), в южной части центральных (3-5) пересечений (27-32 км) и в центре восточных (15-25 км). Средняя глубина подошвы чехла составляет 13 км.

Сравнение на примере пересечения № 5 полученного рельефа поверхности кровли фундамента с геофизическими материалами [Шемпелев и др., 2001] и с известной схемой А-субдукции [Robinson et al., 1996] показало совпадение в основных чертах с рельефом по геофизике (с 5-7 км на севере до 25-30 км на юге) и противоречие с субдукционной схемой, для которой характерна субгоризонтальная поверхность срыва на глубине 7-10 км. Если в целом рассмотреть характер полученного рельефа кровли фундамента, то хорошо видно, что нет возможности провести единую поверхность пологого надвигания северных структур на южные по кровле фундамента. Это подтверждает сделанный ранее вывод о невозможности применения схемы пододвигания Закавказского массива под Большой Кавказ как основной причины возникших складчато-разрывных деформаций [Яковлев, 2008б].

Вычисленная орогенная амплитуда поднятия кровли фундамента составила в среднем 10 км. В основном она плавно увеличивалась от краев пересечений к их центральным частям вкострости структуры, а вдоль простирания Северо-Западного Кавказа увеличивалась с запада на восток до меридиана Туапсе, а затем несколько уменьшалась к востоку [Яковлев, 2008в]. Максимальные значения достигали величин 20-23 км.

Материалы всех параметров 42-х структурных ячеек представляют отдельный интерес, поскольку на минимально необходимой статистической базе показывают некоторые важные связи между параметрами, а также важные особенности распределения параметров по структуре Северо-Западного Кавказа. Прежде всего, обнаруживается высокая положительная корреляция между величиной укорочения ячеек и амплитудой поднятия (рис. 11, А). Важные закономерности обнаруживаются при анализе значений разницы глубин фундамента между 1 и 3 стадиями, то есть между начальной мощностью накопленных осадков и современной глубиной залегания фундамента. Если из массива данных исключить субплатформенные участки юго-восточной части структуры и слабodeформированные ячейки северо-западной части структуры, то максимальное укорочение структур (рис. 11, Б) наблюдается для ячеек с максимальной разницей глубин (погружение до -15 км). В то же время максимальная разница глубин в ячейках имеет положительную корреляцию с начальной мощностью чехла (рис. 11, В). Таким образом, эти косвенные оценки показывают, что чем больше мощность накопленных осадков, тем больше укорочение (и, соответственно, погружение на стадии 2), и тем больше амплитуда орогенного поднятия.

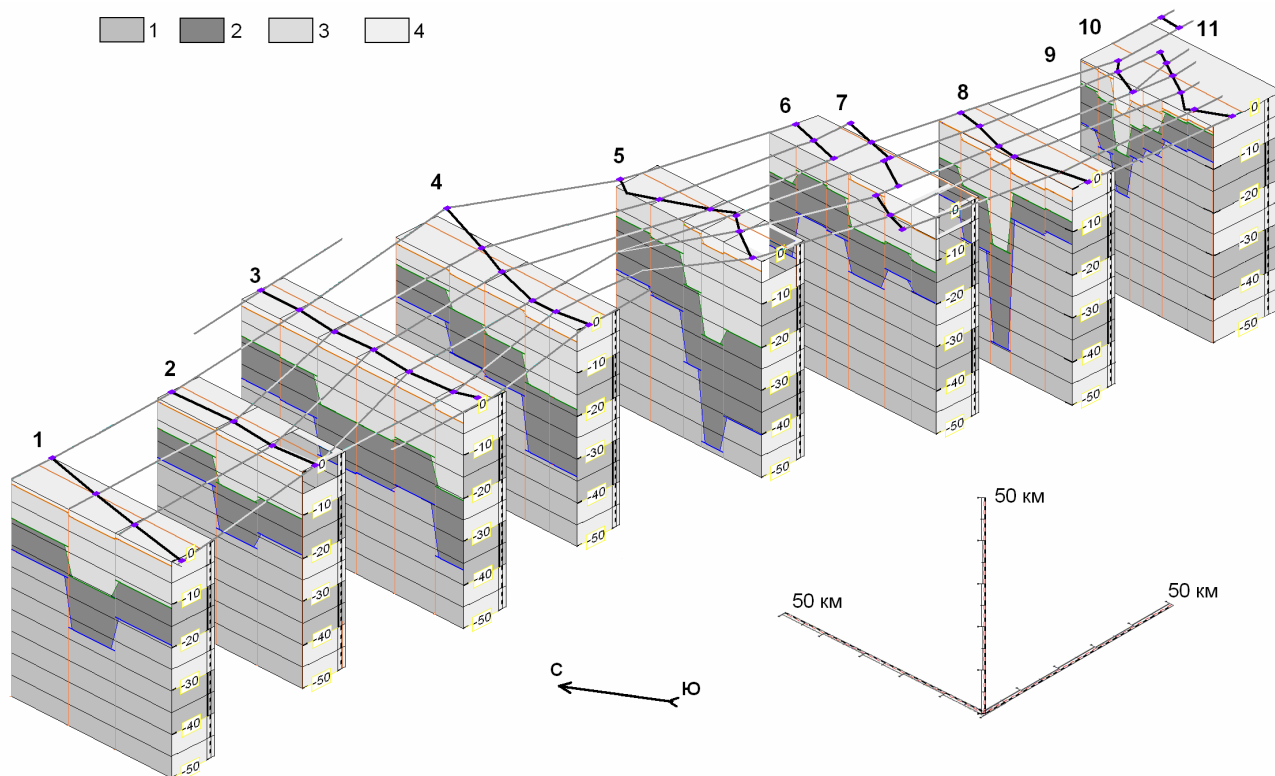


Рис. 9. Постскладчатая доорогенная структура мезо-кайнозойского осадочного чехла Северо-Западного Кавказа (стадия 2), показанная в виде квазитрехмерной модели. Объяснения и условные знаки – на рис. 8

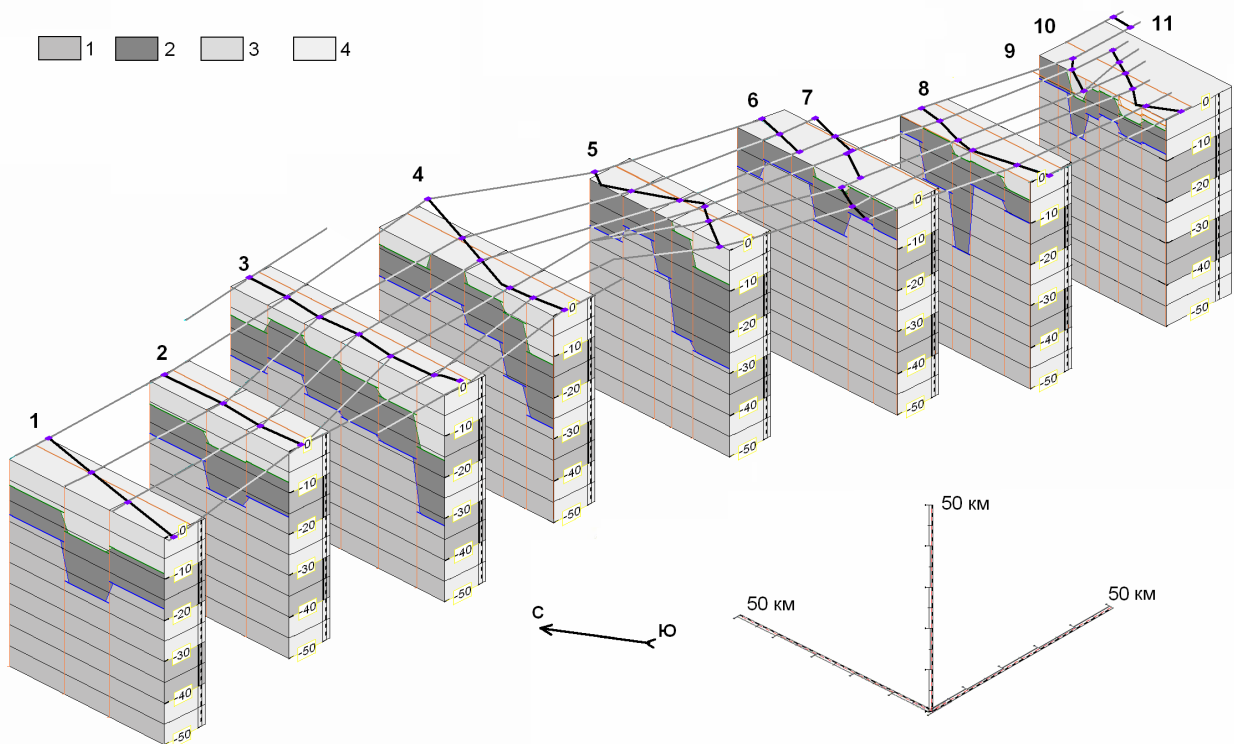


Рис. 10. Посторогенная современная структура мезо-кайнозойского осадочного чехла Северо-Западного Кавказа (стадия 3), показанная в виде квазитрехмерной модели. Объяснения и условные знаки – на рис. 8

Наблюдаются интересные особенности распределения некоторых параметров вдоль и вкрест простирания структуры Северо-Западного Кавказа. Два параметра, вычисленные для профилей целиком (величина укорочения и средняя амплитуда поднятия) имеют явное возрастание с запада на восток до 5-го пересечения, а затем несколько снижаются к пересечению 10. Для параметра «начальная глубина подошвы чехла» в варианте «среднее по профилю» наблюдаются две «ванны»: крупная от пересечения 1 к 7 и небольшая от 7 к 10 (рис. 12, А). Интересно распределение параметра «разница глубин» вкрест

простирания структуры. Средняя величина для 42 ячеек составила 0 км (точнее, - 10 метров). Средняя величина для всех пересечений по отдельности не выходила за пределы +3.5 км - 3.5 км. При этом для ячеек наблюдались «поднятия» до +7.5 км и «опускания» до -15 км. Распределение этого параметра вкрест простирания обнаруживает деление структуры Северо-Западного Кавказа на три специфических района. Два западных пересечения имеют центральный прогиб. Затем на восток происходит изменение стилия структуры, и с 3 по 5 пересечение наблюдается резкое погружение структуры на юго-

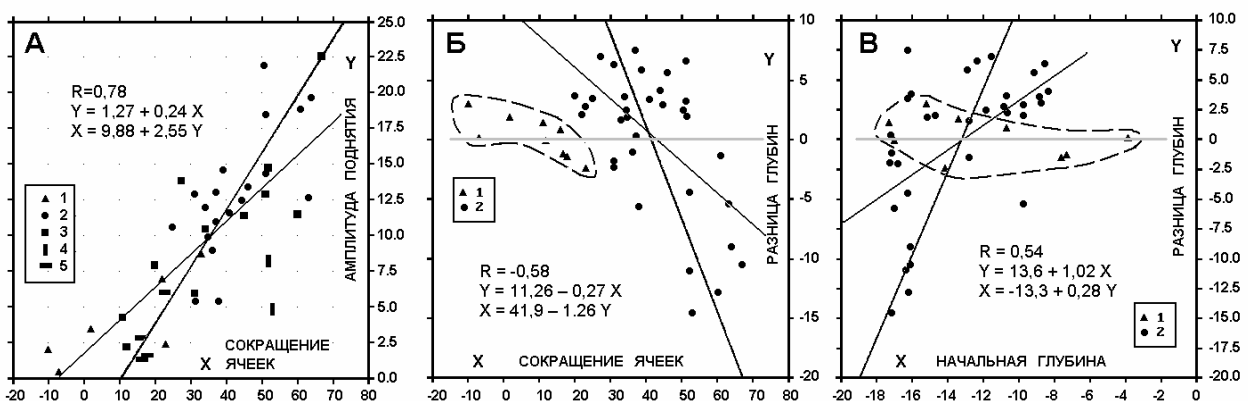


Рис. 11. Связи некоторых параметров структурных ячеек: А – укорочения ячеек и амплитуды поднятия, Б – укорочения ячеек и «разницы глубин», В – начальной глубины и «разницы глубин» (по [Яковлев, 2008в]). Условными знаками 1-5 на рис. А показаны ячейки с севера (1) на юг (5) Прерывистый контур (Б и В, знак 1) показывает слабдеформированные домены, исключенные из статистических расчетов (знак 2). На всех рисунках показаны значения коэффициента корреляции, уравнения регрессии и линии регрессии

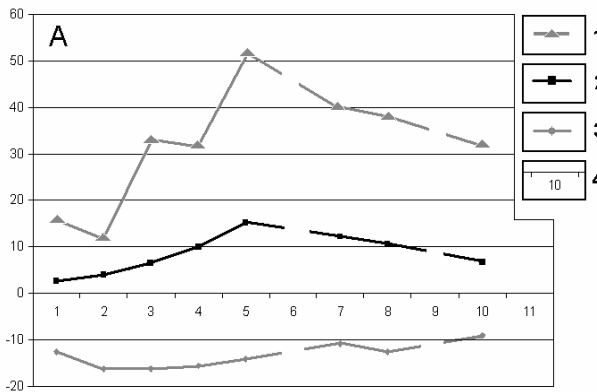


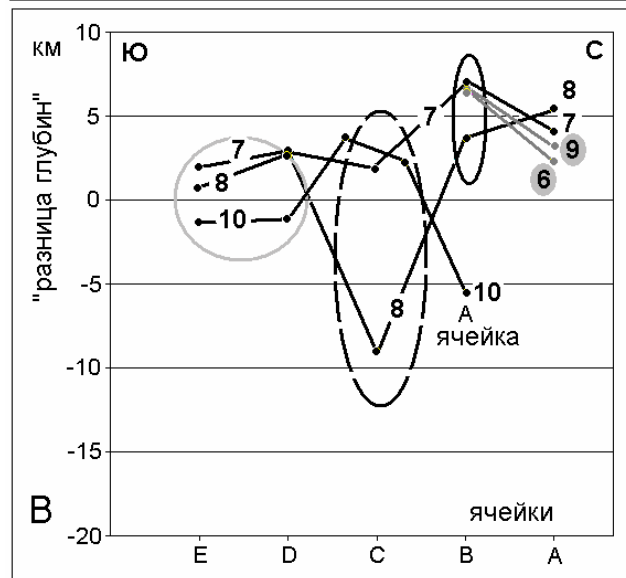
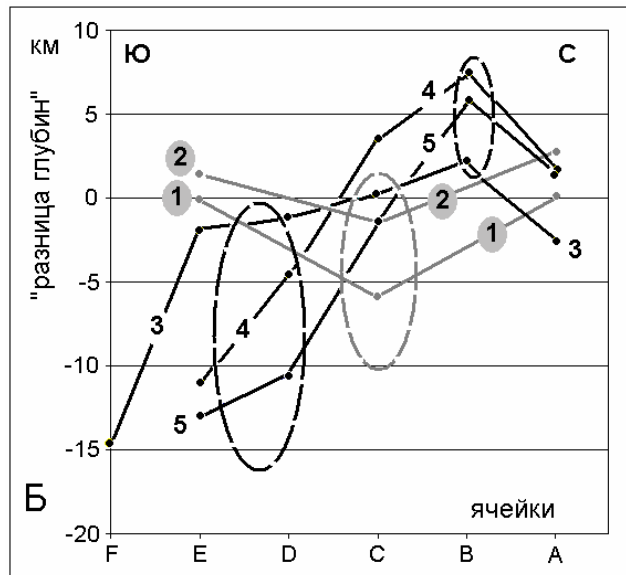
Рис. 12. Распределение некоторых кинематических параметров структурных ячеек вдоль и вкрест простирания.

А – распределение вдоль СЗ Кавказа параметров. 1 – величина укорочения для профилей (%), 2 – средние амплитуды поднятия (км), 3 – средние глубины подошвы осадочного чехла (км), 4 – профили.

Б и В – распределение «разницы глубин» вкрест простирания (показаны ячейки А-Ф); Б – для профилей 1 – 5, В – для профилей 6 – 10. Профили 1 и 2 (серые линии, цифры на сером фоне) показывают прогиб в центре (серый эллипс, ячейка С). Профили 3 – 5 показывают резкий погружение с севера на юг (черные линии и цифры, эллипсы для ячеек В и Е, D). Профили 7, 8, 10 показывают центральное погружение (ячейка С, черный прерывистый эллипс), а также стабильный участок (Закавказский массив, ячейки Е и D, серый круг). Профиль 10 короче (см. рис. 10) соседних, поэтому ячейка А смещена к В и С. Профили 6 и 9 (рис. В, серые линии, цифры на сером фоне) охватывают только северные две ячейки, показывают резкое воздымание ячеек В относительно А (черный сплошной эллипс), что характерно также для профилей 7 и 3 – 5 (рис. Б).

запад в среднем от +5 км на севере до -10 км на юге (рис. 12, Б). Восточные профили (7, 8, 10) обнаруживают как минимум две особенности (рис. 12, В): стабильный южный блок (Абхазская зона Закавказского массива) и центральный прогиб. Можно считать, что северный борт прогиба (ячейки В) здесь имеет примерно такие же параметры «поднятия», как аналогичная структура в пересечениях 3-4-5. Кроме этого, есть явное уменьшение значений параметра к северной периферии Северо-Западного Кавказа (от ячейки В к ячейке А), одинаковое для пересечений 3, 4, 5, 6, 7, 9.

Выводы. Построенная квазитрехмерная трехстадийная модель строения чехла Северо-



Западного Кавказа имеет такой рельеф подошвы чехла, который не согласуется с типичной геометрией «концептуальных пересечений» для зон коллизии, имеющих схему А-субдукции. Анализ параметров структурных ячеек показал явную зависимость величины укорочения от параметров осадконакопления, что также не согласуется с логикой схем А-субдукции. Совокупность всех данных показывает скорее наличие связи явлений осадконакопления, складчатости и горообразования с процессами в нижней коре и верхней мантии. Полученные статистически значимые ряды важных параметров природных структур могут быть использованы при разработке новых геодинамических моделей.

ЛИТЕРАТУРА

Гиоргобиани Т.В., Закарая Д.П. Складчатая структура Северо-Западного Кавказа и механизм ее формирования. Тбилиси: Мецниереба. 1989. 61 с.

Шемпелев А.Г., Пруцкий Н.И., Фельдман И.С., Кухмазов С.У. Геолого-геофизическая модель по профилю Туапсе–Армавир // Тектоника

- неогей: общие и региональные аспекты. М. ГЕОС. 2001. Т. 2. С. 316-320.
- Шолто В.Н., Рогожин Е.А., Гончаров М.А.* Складчатость Большого Кавказа. М.: Наука. 1993. 192 с.
- Ребецкий Ю.Л., Михайлова А.В., Осокина Д.Н., Яковлев Ф.Л.* Тектонофизика // Планета Земля. Энциклопедический справочник. Том "Тектоника и геодинамика". СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ. 2004. С. 121-134.
- Яковлев Ф.Л.* Диагностика механизмов образования линейной складчатости по количественным критериям ее морфологии (на примере Большого Кавказа). М.: Изд. ОИФЗ РАН. 1997. 76 с.
- Яковлев Ф.Л.* Исследования процессов и механизмов развития пликативных деформаций в земной коре (обзор существующих методических подходов) // Тектонофизика сегодня. М. ОИФЗ РАН. 2002. С. 311-332.
- Яковлев Ф.Л.* Многограновый деформационный анализ структур линейной складчатости // Доклады Академии Наук. 2008а. Т. 422, № 3. С. 371-376.
- Яковлев Ф.Л.* Владимир Владимирович Белоусов и проблема происхождения складчатости // Геофизические Исследования. 2008б. Т. 9, № 1. С. 56-75.
- Яковлев Ф.Л.* Исследование постскладчатого горообразования – первые результаты и подходы к диагностике механизмов на примере Северо-Западного Кавказа // Общие и региональные проблемы тектоники и геодинамики. Материалы XLI Тектонического совещания. Т. 2. М.: ГЕОС. 2008в. С. 510-515.
- Robinson A.G., Rudat J.H., Banks C.J. & Wiles R.L.F.* Petroleum geology of the Black Sea. Marine and Petroleum Geology. 1996. No 13(2). P.195-223.
- Yakovlev F.L., Voitenko V.N.* Application of the deformation tensor conception for the estimation of deformations in different-scale folded structures // Proceedings of VII International Interdisciplinary symposium and International Geoscience Programme (IGCP-476) "Regularity of structure and evolution of geospheres", Vladivostok, 20-25 September 2005. 2005. P. 66-69.