

УДК 551.24

А.В. Маринин¹, Т.Ю. Тверитинова²

СТРОЕНИЕ ТУАПСИНСКОЙ СДВИГОВОЙ ЗОНЫ ПО ПОЛЕВЫМ ТЕКТОНОФИЗИЧЕСКИМ ДАННЫМ³

Представлены результаты полевых структурных исследований Туапсинской сдвиговой зоны Северо-Западного Кавказа. Показано наличие в пределах этой зоны сдвиговых перемещений разного масштаба и преобладание обстановки горизонтального сдвига (геодинамический тип напряженного состояния, при котором в массиве горных пород формируются разрывные нарушения с преимущественно латеральным перемещением крыльев, т.е. вдоль поверхности сместителя по простиранию). При помощи метода катакlastического анализа по собранным геологическим индикаторам палеонапряжений определены количественные характеристики локальных стресс-состояний в пределах сдвиговой зоны — положение осей главных напряжений и коэффициент Лодэ—Надаи. Рассмотрены различия этих характеристик для крупных тектонических зон. Установлены значительные пространственные (территориальные) вариации ориентировок осей главных нормальных напряжений в пределах сдвиговой зоны и их слабые плавные изменения в пределах локальных участков, что свидетельствует о выдержанности генерального направления стресса при формировании изученных разрывных структур во время позднеэоцен-миоценовой эпохи деформирования.

Ключевые слова: сдвиговая зона, взброс, надвиг, поле напряжений, локальное стресс-состояние, тектонофизика, зеркала скольжения, структурный парагенез.

The results of the field structural studies of Northwest Caucasus Tuapse Shear Zone are presented. There are strike-slip displacements of different scale and the domination of horizontal shear conditions (type of geodynamic stress state that cause the formation of faults with mainly lateral movement of the wings along strike fault surface) within this zone. Using the method of cataclastic analysis of the collected geological paleostresses indicators the quantitative characteristics of the local stress states within the shear zone — position of the principal stresses axes and the Lode—Nadai coefficient — are identified. Differences of these characteristics considered for large tectonic zones. Significant spatial (territorial) variations of the orientations of the principal normal stresses axes identified within the shear zone, and their small smooth variations within local areas, which indicate on consistency of the general stress direction in the formation of studied fault structures in the Late Eocene-Miocene deformation period.

Key words: strike-slip fault zone, reversed fault, thrust, stress field, the local stress state, tectonophysics, slickenside, structural parageneses (association of faults).

Введение. В позднеальпийской структуре Северо-Западного Кавказа хорошо проявлены разрывные нарушения с правосдвиговым смещением [Борукаев, 1964; Борукаев, Дьяконов, 1964; Расцветаев, 1973; Расцветаев и др., 2010], среди которых выделяются правосдвиговые зоны запад-северо-западного простирания (продольные) и правосдвиговые зоны меридионального простирания (поперечные). Одна из наиболее интересных и неоднозначно трактуемых структур — Туапсинская сдвиговая зона. На изменение простирания осей складок с общекавказского на субмеридиональное в пределах этой зоны указывал еще О.С. Вялов [1934]. Позднее в результате работ В.Е. Хаина с соавторами и других исследователей из Кавказской экспедиции МГУ имени М.В. Ломоносова установлены важные черты строения этой полосы,

получившей название Туапсинской зоны поперечных разломов [Хаин и др., 1962].

Впервые эта структура интерпретирована в качестве зоны крупного сдвига в работах [Борукаев, 1964; Борукаев, Дьяконов, 1964; Гроссгейм, 1963]. Анализируя ориентировку течений в верхнемеловых отложениях Северо-Западного Кавказа, В.А. Гроссгейм пришел к выводу, что распределение этих направлений на розах-диаграммах свидетельствует об их вторичном развороте в узкой области — в пределах Туапсинской поперечной зоны в ходе тектонических сдвиговых деформаций. Правосдвиговый характер Туапсинской зоны по смещению бортов и структурно-парагенетическим ассоциациям доказывает Ч.Б. Борукаев [1964]. Северо-восточное, т.е. антикавказское простирание Туапсинской зоны поперечных разломов

¹ Институт физики Земли имени О.Ю. Шмидта РАН, ст. науч. с., канд. геол.-минерал. н.; e-mail: marinin@yandex.ru

² Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, геологический факультета, кафедра региональной геологии и истории Земли, доцент, канд. геол.-минерал. н.; e-mail: tvertat@yandex.ru

³ Часть полевых исследований выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 13-05-10066-к).

выражено серией кулисообразно расположенных и вытянутых в меридиональном направлении сдвиговых зон (Агойской, Ципкинской и Индюкской). Вдоль этих меридиональных нарушений продольные структурно-фациальные зоны Северо-Западного Кавказа смещены в общей сложности более чем на 15 км по правостороннему сдвигу, что отмечено в работах [Вялов, 1934; Хаин и др., 1962; Корсаков и др., 2002]. В ряде последующих работ поставлена под сомнение справедливость этих заключений. Мы с помощью структурных и тектонофизических методов предприняли попытку разрешить эту неоднозначность в определении природы Туапсинской зоны.

Материалы и методы исследований. В основу статьи положены материалы, собранные авторами при полевых исследованиях на Северо-Западном Кавказе (изучение геологических индикаторов палеонапряжений, малых структурных форм и складок). Кроме того, использованы данные работ тектодинамической группы исследователей МГУ под руководством Л.М. Расцветаева. Большая часть собранного материала представлена замерами мелких дизъюнктивных нарушений (преимущественно зеркал скольжения) с определением направления относительного перемещения их крыльев. Эти замеры обработаны с помощью метода катакластического анализа [Ребецкий, 1999, 2001, 2007]. Метод позволяет определять количественные характеристики реконструируемых локальных стресс-состояний, т.е. положение осей главных напряжений и значение коэффициента Лоде–Надаи. В результате реконструкции в конкретной точке определяются параметры тензора поля напряжений или локальное стресс-состояние (local stress state). Эти сведения позволяют установить преобладающие ориентировки осей главных напряжений, их относительное пространственное положение (определяющее геодинамический тип напряженного состояния) и значение коэффициента Лоде–Надаи.

Реконструкция по данным о трещинах с установленными направлениями смещений базируется на тех же теоретических положениях метода катакластического анализа, что и алгоритм реконструкции современных напряжений по сейсмологическим данным о механизмах очагов землетрясений. Различия обусловлены исходными данными. Геологические данные позволяют определить пространственную ориентацию плоскости трещины и направление относительного перемещения ее бортов, но отсутствует точная привязка по времени для каждого события. На одной площадке сбора данных (в одном обнажении) часто встречаются плоскости зеркал скольжения с несколькими направлениями штриховки (бороздами скольжения), характеризующими в разных случаях либо близкие по времени события, укладываемые в единый этап деформирования,

либо хронологически разные фазы эволюции напряженного состояния. Применяемая для расчетов компьютерная программа STRESSgeol (создана Ю.Л. Ребецким) использует принцип разделения сколов на однородные выборки (определяющие временные фазы квазиоднородного деформирования макрообъема) для достижения максимальной суммарной энергии диссипации при минимальном числе выделяемых фаз.

Для анализа данных статистических замеров ориентировки трещин скалывания с зеркалами скольжения, жил и трещин отрыва, стресс-стилолитов и других структурных форм со следами относительного смещения противоположных крыльев дизъюнктивов разного масштаба использован метод структурно-парагенетического анализа тектонической трещиноватости Л.М. Расцветаева [1987]. При помощи этого метода сведения о направлении, амплитуде и характере относительных перемещений по отдельным дизъюнктивным нарушениям или зонам их концентрации, а также данные частных кинематических диаграмм тектонической трещиноватости и мелких разрывов позволяют выявлять разномасштабные структурно-парагенетические ассоциации для определения региональных и локальных обстановок тектонического развития территории. Некоторые результаты структурно-парагенетического анализа для Северо-Западного Кавказа с использованием данных об относительных кинематических перемещениях на плоскостях зеркал скольжения опубликованы в работах [Маринин, Расцветаев, 2008; Расцветаев и др., 2010], поэтому здесь основной акцент сделан на обсуждении результатов, полученных при помощи метода катакластического анализа.

Геологическое положение района исследований. Рассматриваемый район находится в центральной части Северо-Западного Кавказа и охватывает все его основные тектонические зоны (рис. 1). Точки наблюдения расположены в пределах южного (Новороссийский синклиорий) и северного (Абино-Гунайский синклиорий) крыльев складчатого сооружения, а также в его осевой части (Гойтхский антиклиорий). Основная часть наблюдений сосредоточена в районе, который прилегает к автодороге Туапсе–Хадзыженск и обычно называется Туапсинским пересечением Кавказа. Точки полевых измерений, расположенные рядом и имеющие сходное геологическое положение, для удобства описания объединены в группы (их названия приведены на рис. 1). В юго-восточной части района развиты верхнеюрские и меловые карбонатно-терригенные отложения (группы точек наблюдения вблизи пос. Греческий, в долинах рек Бекишей и Шепси). В осевой части широко развиты ниже-среднеюрские вулканогенно-терригенные образования (группы точек наблюдения вблизи пос. Индюк и р. Елизаветка). Северное крыло сложено преимущественно верхнеюрско-

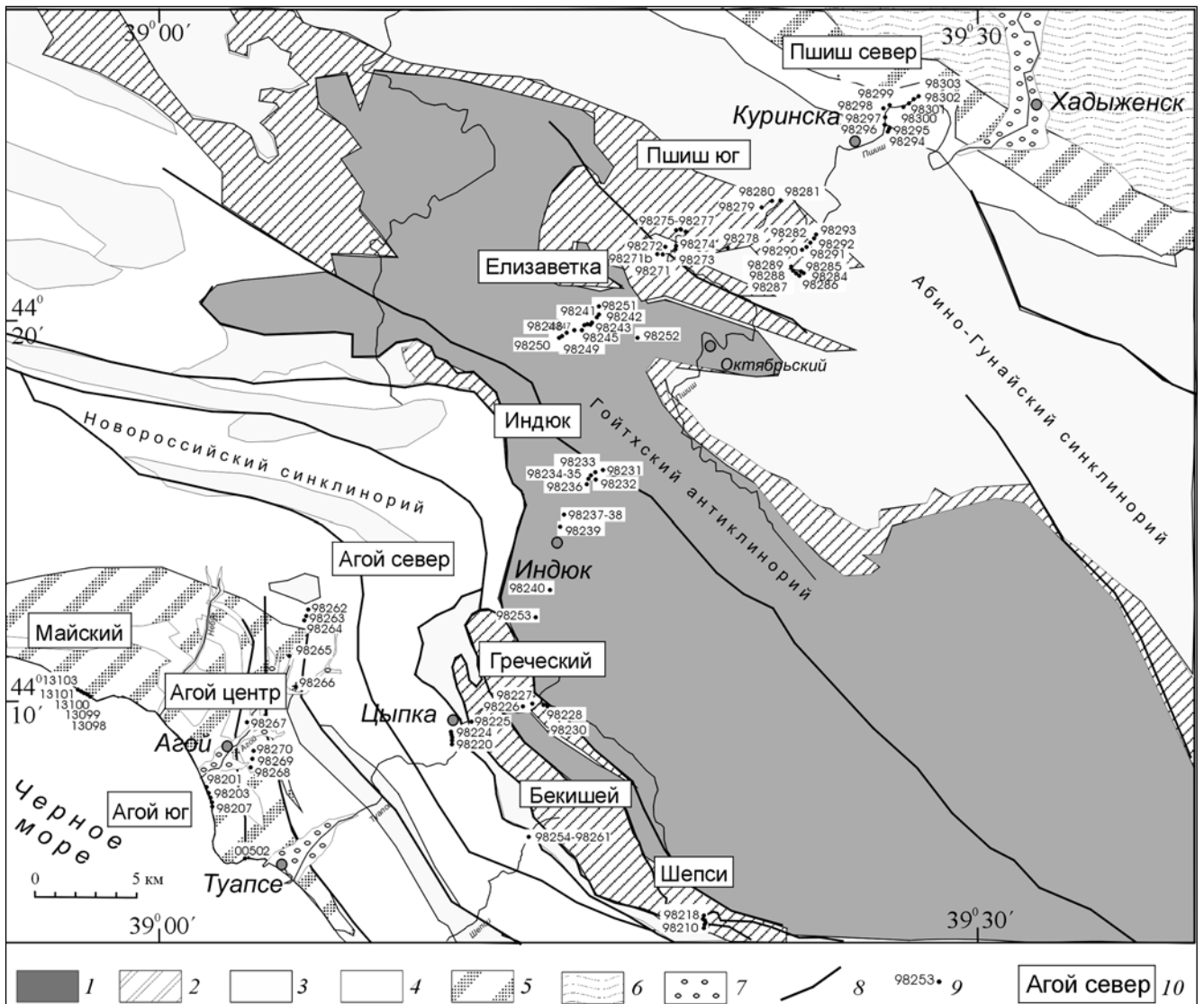


Рис. 1. Расположение точек наблюдения и основных тектонических структур региона исследований. Геологическая основа составлена с учетом данных [Корсаков и др., 2002]: 1–7 – области распространения отложений: 1 – нижне-среднеюрских, 2 – верхнеюрских, 3 – нижнемеловых, 4 – верхнемеловых, 5 – палеогеновых, 6 – майкопско-неогеновых, 7 – антропогеновых; 8 – разрывные нарушения; 9 – точки наблюдения; 10 – названия участков (групп расположенных близко точек наблюдения)

нижнемеловыми терригенными отложениями, а по его северной границе с Западно-Кубанским прогибом протягивается узкая полоса верхнемеловых и палеогеновых отложений (группы точек наблюдения в долине р. Пшиш).

В районе Туапсинской поперечной флексурно-разломной зоны происходит общее погружение структур в северо-западном направлении, таким образом, западнее этой зоны нижне-среднеюрские отложения отсутствуют (за исключением небольшого выхода байосских пород в Дихтарском горсте), а роль наиболее древних образований, слагающих ядра антиклиналей, переходит к верхнеюрско-нижнемеловым отложениям. На южном крыле Северо-Западного Кавказа к западу от Туапсинской зоны широко развиты палеоцен-эоценовые, преимущественно терригенные отложения (группы точек наблюдения в долине р. Агой). На небольших участках здесь от размыва

сохранились олигоценые отложения [Корсаков и др., 2002].

Результаты исследований и их обсуждение.

При полевом изучении района Туапсинской зоны правосдвиговый характер смещения по дизъюнктивным нарушениям меридионального простирания хорошо подтверждается распределением тектонических нарушений со следами смещений (зеркала скольжения). В пределах Новоросийского синклинория в ряде точек наблюдения (т.н.) выявлены правосдвиговые смещения вдоль дизъюнктивов меридионального простирания. На восток от мыса Кадош в районе г. Туапсе установлен сдвиговый парагенез, представленный системой сопряженных сколов (правых сдвигов субмеридионального и левых сдвигов восток-северо-восточного простирания). Здесь зафиксированы правосдвиговые нарушения субмеридиональной ориентировки с видимой амплитудой от 3 до 12 см

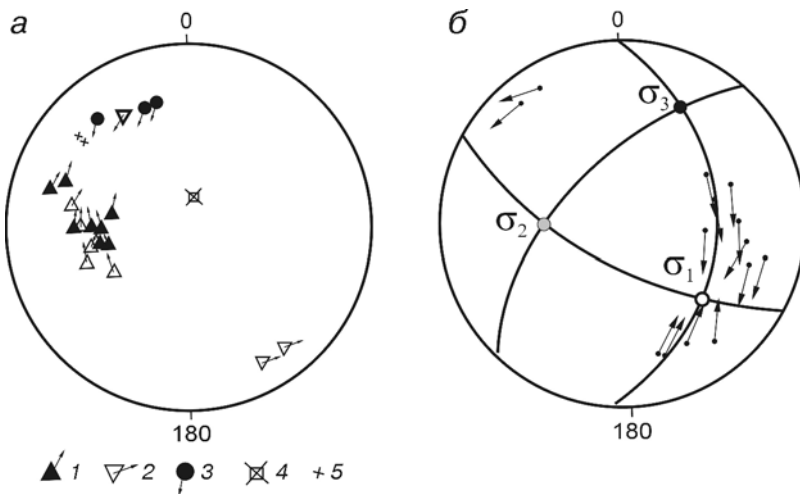


Рис. 2. Сдвиговые деформации в пределах Туапсинской сдвиговой зоны (вблизи г. Туапсе, на восток от мыса Кадош). На круговых диаграммах (стереографическая проекция на верхнюю (а) и нижнюю (б) полусферы) показаны: а — полюсы тектонических трещин (зеркала скольжения и отрывы) с типом перемещения (стрелками показано направление перемещения висячего блока, а знаками со сплошной заливкой — зеркала скольжения с зафиксированной амплитудой смещения): 1 — правые сдвиги, 2 — левые сдвиги, 3 — взбросы, 4 — отрывы и жилы, 5 — элементы залегания (нормальные); б — ориентировка осей главных нормальных напряжений, рассчитанных по методу катаклястического анализа

и отчетливыми штриховками сдвигового типа на зеркалах скольжения (рис. 2, т.н. 00502). При этом субмеридиональные правые сдвиги (серия малоамплитудных разрывов этого типа описана здесь Ч.Б. Борукаевым) выражены особенно отчетливо, тогда как парагенетически связанные с ними левые сдвиги с существенной взбросовой компонентой (субширотные левые взбросо-сдвиги) менее проявлены в структуре и при полевых исследованиях диагностируются сложнее.

Рассматриваемый сдвиговый парагенез свидетельствует об обстановке субгоризонтального сжатия с северо-восточной ориентировкой оси максимальных сжимающих напряжений (σ_3). При помощи метода катаклястического анализа по структурно-кинематическим данным о трещинах рассчитаны следующие ориентировки осей главных напряжений (азимут падения, угол падения): σ_1 — 134° , $\angle 32^\circ$; σ_2 — 271° , $\angle 49^\circ$; σ_3 — 29° , $\angle 21^\circ$. Таким образом, здесь при северо-восточной ориентировке оси максимальных сжимающих напряжений определяется обстановка горизонтального сдвига (субгоризонтальное положение осей σ_1 и σ_3) при коэффициенте Лоде–Надаи $\mu_\sigma = -0,01$.

На юго-восток от пос. Агой (рис. 3, участок «Агой-юг», т.н. 98201–98207) помимо хорошо

выраженной системы правых сдвигов северо-западного простирания (азимут падения (аз. пд.) плотностного максимума на стереограмме составляет 235° , $\angle 80^\circ$) фиксируется система субмеридиональных правых сдвигов (плотностной максимум на стереограмме, аз. пд. 260° , $\angle 72^\circ$). При помощи метода катаклястического анализа по структурно-кинематическим данным о трещинах на участке «Агой-юг» определены субмеридиональные (до север-северо-восточных) ориентировки осей максимального сжатия (σ_3) и субширотные ориентировки осей девиаторного растяжения (σ_1). Преобладают обстановки горизонтального сдвига с субгоризонтальным положением осей σ_1 и σ_3 .

Севернее пос. Агой (участок «Агой-север», т.н. 98262–98264) системы правых сдвигов образуют на диаграммах плотностной максимум с аз. пд. 260° , $\angle 88^\circ$, а левые сдвиги имеют максимум с аз. пд. 290° , $\angle 88^\circ$. На этом участке реконструированные оси максимального сжатия приобретают север-северо-западную ориентировку (335°). С этим направлением сжатия совпадает и полученный на стереограмме максимум плотности стресс-стилолитов. На участке распространена обстановка как горизонтального сдвига, так и горизонтального сжатия.

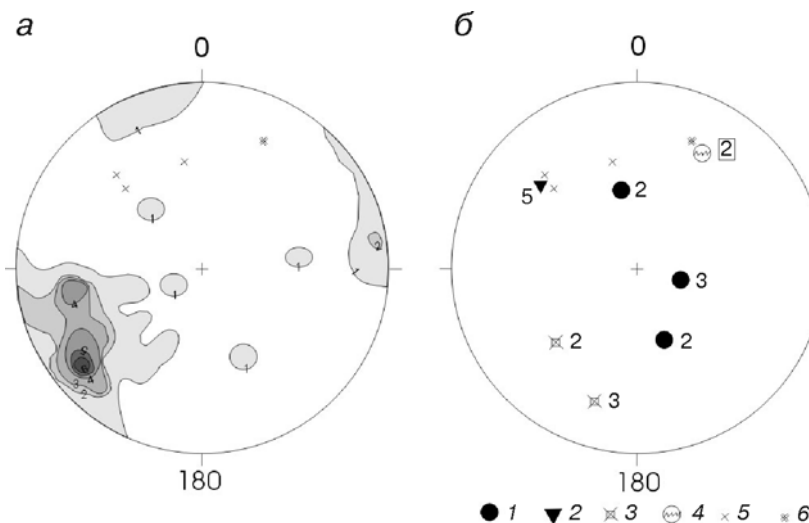


Рис. 3. Распределение максимумов тектонической трещиноватости со следами смещения на плоскостях (зеркала скольжения, небольшие разрывы, отрывы и стресс-стилолиты) в пределах Туапсинской сдвиговой зоны (вблизи пос. Агой, на запад от мыса Кадош).

На круговых диаграммах (стереографическая проекция на верхнюю полусферу) показано плотностное распределение правых сдвигов (а) и максимумы (б): взбросов (1), левых сдвигов (2), отрывов (3), стресс-стилолитов (4), 5–6 — элементы залегания (5 — нормальное, 6 — опрокинутое). Цифры — плотность трещин в соответствующих максимумах

Подобные сдвиговые обстановки и связанные с ними структурные парагенезы с преобладанием меридиональных нарушений с правосдвиговой кинематикой установлены нами во всех тектонических зонах Северо-Западного Кавказа, которые пересечены Туапсинской поперечной зоной. В осевой зоне (Гойтхский антиклинорий) примером могут служить точки наблюдения в долине р. Елизаветка. Здесь правосторонние сдвиговые нарушения имеют север-северо-западное простирание при преимущественно субвертикальном залегании. На северном крыле складчатого сооружения правосдвиговые системы тектонических трещин и мелких разрывов с меридиональным простиранием фиксируются в районе ст. Навагинская. Здесь в т.н. 98275–98281 (участок «Пшиш-юг») правосторонние сдвиги резко доминируют (по отношению к нарушениям иной кинематики) и образуют четкий максимум на круговых диаграммах (аз. пд. 250°, ∠88°). При помощи метода катакластического анализа определены меридиональные ориентировки осей максимального сжатия (σ_3) и субширотные ориентировки осей девиаторного растяжения (σ_1). Фиксируются исключительно обстановки горизонтального сдвига с субгоризонтальным положением осей σ_1 и σ_3 .

Помимо дизъюнктивных нарушений правосдвигового характера часто наблюдаются пликативные нарушения, представленные складками с субвертикальными шарнирами и коленообразными (90°) изгибами слоев. Субвертикально залегающие слои на восточных флангах складок смещены на юг относительно их западных флангов (рис. 4). Шарниры складок имеют крутое падение на запад (аз. пд. 290°, ∠70°).

По результатам изучения разрывных нарушений разного масштаба в пределах всего сооружения Северо-Западного Кавказа основные правосдвиговые системы меридионального простирания концентрируются именно в пределах Туапсинской поперечной зоны и пересекают основные продольные тектонические зоны. Существенно менее отчетливо подобные правосдвиговые системы про-

явлены в районах долин рек Афипс и Неберджайка, а также горы Медвежья. Связаны они с менее проявленными, но также просматривающимися на геологической карте Афипским и Геленджикским поперечными разломами [Маринин, Расцветаев, 2008]. Эти структуры выделяются и по данным морфоструктурного анализа в долине р. Афипс, где по правосдвиговым нарушениям субмеридионального простирания происходит смещение хребтов [Трихунков, 2010].

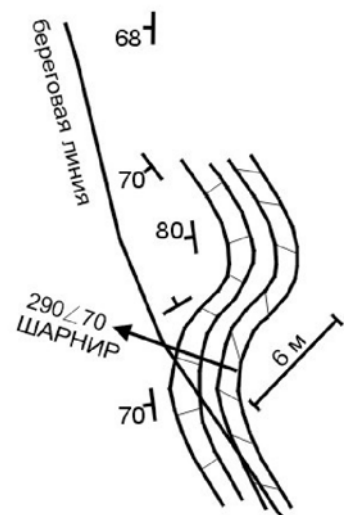
Время формирования изученных структур.

Большинство крупнейших дизъюнктивных зон имеет длительную историю формирования. Признаки конседиментационного развития Туапсинской поперечной зоны отмечают многие исследователи, однако установить при помощи каких-либо методов кинематику и напряженное состояние для конседиментационного этапа развития пока не представляется возможным. При натурных наблюдениях выявляется обобщенная картина истории деформаций, которую прошел каждый изученный массив горных пород. Наши исследования были направлены на изучение разрывной и блоковой структуры, сформированной в основную фазу складчатости Северо-Западного Кавказа. Для различных частей Северо-Западного Кавказа разные авторы время образования складчатых структур и связанных с ними систем разрывов оценивают в большом возрастном интервале (от маастрихта до антропогена). Палеоцен-эоценовые породы широко участвуют в строении крупных складчатых структур как на северном, так и на южном склоне Северо-Западного Кавказа. Отмечается конседиментационное распределение эоценовых отложений на крыльях и в приосевых частях растущих складок, а также резко несогласное залегание олигоцен-неогеновых отложений на более древних образованиях.

Интенсивность складчатых и разрывных деформаций, а также изменения, вызванные флюидным и динамическим воздействием на первоначальный минеральный состав отложений, в олигоцен-



Рис. 4. Фото коленообразного изгиба складок с субвертикальными шарнирами в пределах Туапсинской сдвиговой зоны (на запад от мыса Кадош). Справа план-схема (север вверху)



антропогенных отложениях существенно меньше, чем в нижележащих комплексах келловей—эоцена. Блоки из предполагаемых разломных зон в виде олистолитов в эоценовых отложениях Северо-Западного Кавказа уже содержат следы тектонизации (зеркала скольжения и отрывы) [Маринин и др., 2011]. В то же время меловые—эоценовые отложения в ряде мест надвинуты на отложения олигоцена—нижнего миоцена. Мы полагаем, что основные деформации, создавшие общий облик складчатой и разрывной структуры складчатого сооружения Северо-Западного Кавказа, приходятся на позднеэоценовое—миоценовое время. Фиксируемые нами геологические индикаторы напряжений и малые структурные формы обнаруживают вполне закономерную связь с крупными складчатыми и разрывными структурами региона. Поэтому большая часть реконструированных нами палеонапряжений относится именно к этому возрастному интервалу.

На новейшем этапе, по данным С.А. Несмеянова [1992], сдвиговые перемещения (равно как и парагенетически с ними связанные соскладчатые надвиги) не находят отражения в орографически выраженных новейших структурах. Тектодинамическая обстановка в районе Туапсинской зоны в новейшее время объясняется поперечным (распространяющимся с юга на север) дроблением, скорее всего, обусловленным растяжением на перегибе ундулирующего мегасвода [там же]. По результатам наших полевых исследований, это дробление не нашло отражения в распределении тектонической трещиноватости. Системы отрывов, видимо, свидетельствуют об обстановке северо-восточного растяжения, связанного с поднятием складчатого сооружения и снятием нагрузки всестороннего сжатия (эффект «разваливания» горной системы в стороны соседних активно развивающихся прогибов).

По другим данным [Трихунков, 2010], предполагается, что сдвиговые деформации отражены

в современном рельефе. При дешифрировании космоснимков выявлен ряд субмеридиальных разрывных нарушений с видимым правосдвиговым смещением и постскладчатым временем формирования (судя по смещению крыльев складок). Вклад этих молодых движений в формирование структурного облика разных тектонических зон требует дальнейшего уточнения. Однако можно сказать, что существенной перестройки общей региональной картины напряженного состояния на более поздней стадии не было (помимо упомянутой выше обстановки северо-восточного растяжения, которую мы связываем со снятием всесторонней нагрузки). Такое изменение регионального поля напряжений привело бы к образованию новой массовой генерации геологических стресс-индикаторов.

Результаты реконструкции методом катакlastического анализа и их обсуждение. Полученные при реконструкции методом катакlastического анализа данные хорошо соотносятся с результатами, полученными ранее с помощью структурно-парагенетического анализа тектонической трещиноватости. Данные катакlastического анализа позволили существенно точнее проанализировать основные характеристики локальных стресс-состояний (ориентировка осей главных напряжений, геодинамический тип напряженного состояния, вид напряженного состояния (коэффициент Лоде—Надаи), угол между направлением подвижки на плоскости трещины и направлением касательных напряжений, действующих на этой же плоскости, и др.). Полученные результаты позволили нам выделить области с пространственной вариацией этих основных характеристик.

Ориентировка осей главных напряжений реконструированных палеонапряжений. Реконструкция по точкам наблюдения или их группам позволяет получить характеристики локального стресс-состояния. Примеры для групп близко расположенных точек наблюдения с ориентировкой в них

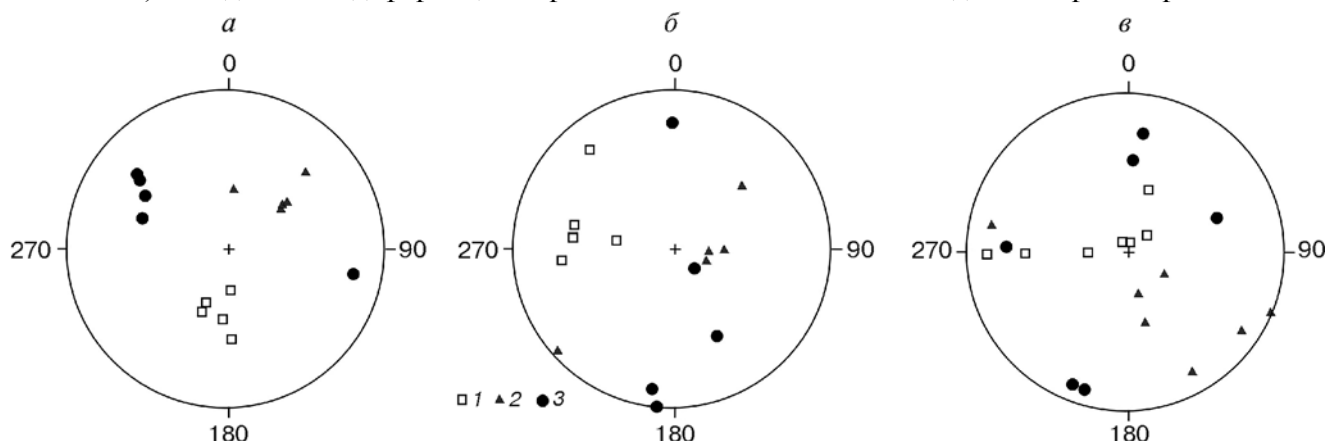


Рис. 5. Результаты реконструкции для точек наблюдения (т.н.): *a* — 13098—13103 в палеоэоценовых отложениях вблизи пос. Майский; *b* — 98201—98207 в палеоэоценовых отложениях восток от пос. Агой; *v* — 98210—98218 в верхнеюрско-меловых отложениях вблизи Бекишейского надвига. На круговых диаграммах (стереографическая проекция на верхнюю полусферу) показаны выходы осей главных сжимающих напряжений: 1 — минимальные (σ_1 , девиаторное растяжение), 2 — промежуточные (σ_2), 3 — максимальные (σ_3)

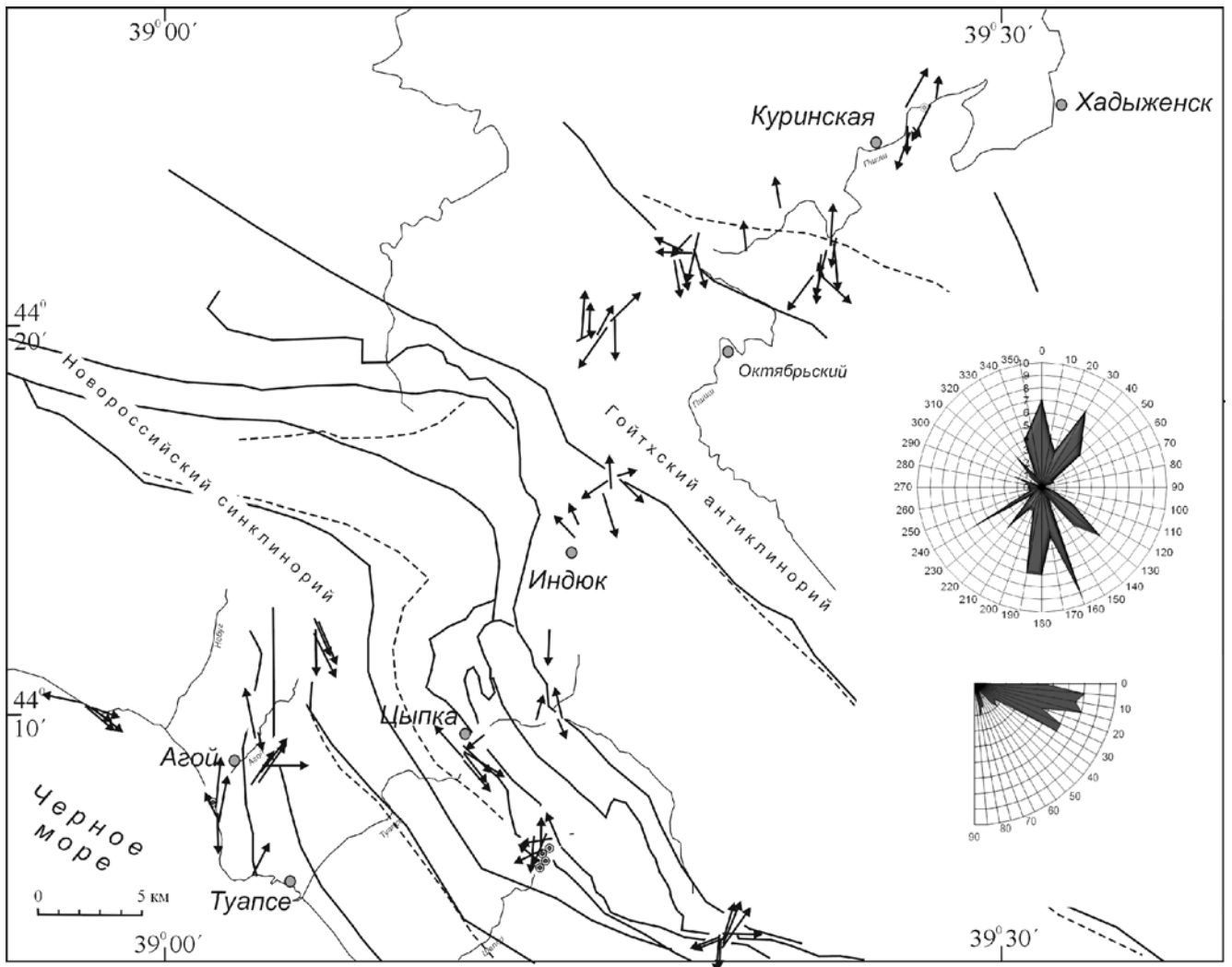


Рис. 6. Ориентировка осей максимальных сжимающих напряжений в районе Туапсинской сдвиговой зоны. Стрелками показаны проекции осей (σ_3) максимальных сжимающих напряжений. Направление стрелок в сторону погружения, их длина указывает на угол наклона оси (при крутом погружении стрелки короткие, при пологом — длинные, при наклоне $\geq 60^\circ$ — кружок с точкой). Пунктиром на схеме показано положение крупных антиклиналей. На врезке — розы-диаграммы азимутов погружения (вверху) и углов наклона (внизу) максимальных (σ_3) сжимающих напряжений (показано число точек с определением локальных стресс-тензоров с шагом 10° для азимута погружения и 5° для угла наклона)

осей главных напряжений приведены на рис. 5. В совокупности эти локальные стресс-состояния характеризуют поле напряжений регионального уровня. Полученные в результате расчетов параметры напряженного состояния по точкам наблюдения представлены в таблице. По этим данным построены карты ориентировок проекций осей главных напряжений (рис. 6, 7), а также стереограммы плотности распределения осей главных напряжений (рис. 8) и диаграммы распределения типов напряженного состояния (рис. 9).

Обзор характеристик палеонапряженного состояния для исследованного района показал, что для каждой оси главных напряжений характерны определенные устойчивые направления. На представленных круговых диаграммах (рис. 8) выделяются как минимум четыре основных и несколько менее проявленных направлений действия максимальных сжимающих напряжений. Наиболее выражен максимум с субмеридиональной, полого

погружающейся осью максимальных сжимающих напряжений с азимутом погружения (аз. погр.) 185° , $\angle 3^\circ$. Заметный максимум образуют оси максимального сжатия с северо-восточным (аз. погр. 36° , $\angle 7^\circ$) и север-северо-западным простиранием (аз. погр. 160° , $\angle 10^\circ$). Отчетливый максимум образуют и оси максимального сжатия северо-западного направления (аз. погр. 135° , $\angle 15^\circ$).

Для минимальных сжимающих напряжений (σ_1) наиболее проявлен максимум с широтным простиранием осей (аз. погр. 90° , $\angle 15^\circ$). Слабее выражены на диаграмме максимумы с субвертикальным и пологим юго-восточным погружением осей девиаторного растяжения (аз. погр. 255° , $\angle 15^\circ$).

Выявленная вариабельность направлений осей главных напряжений для всего изученного района не может свидетельствовать о наличии хронологически обособленных геодинамических обстановок. Результаты полученных реконструкций для каждого участка указывают на устойчивое направление

Параметры палеонапряженного состояния в районе Туапсинской сдвиговой зоны

Участок	Номер точки	Координаты точек наблюдения		Возраст отложений	Элементы за- легания		σ_1		σ_2		σ_3	
		с.ш.	в.д.		аз. пд.	угол	аз. пд.	угол	аз. пд.	угол	аз. пд.	угол
Атой-юг	98201	44° 07.80'	39° 01.60'	палеоцен	265	65	139	11	49	1	316	79
	98202–98203	44° 07.60'	39° 01.75'		275	70	97	24	276	66	7	0
	98204–98205	44° 07.50'	39° 03.10'		230	80	84	18	301	68	178	13
	98206	44° 07.30'	39° 01.80'		350	60	99	48	228	30	335	27
	98207	44° 07.10'	39° 01.90'		235	85	103	23	271	66	11	5
Бекишей	98210	44° 04.00'	39° 20.00'	поздняя юра	30	80	135	82	306	8	36	1
	98212	44° 04.10'			50	60	180	84	293	2	24	6
	98213	44° 04.20'			70	85	224	73	111	7	19	15
	98214	44° 04.25'			40	85	90	60	344	9	249	28
	98215	44° 04.30'			30	80	90	6	350	60	183	30
	98216	44° 04.40'			45	50	90	24	309	60	186	16
	98218	44° 04.50'			70	50	196	46	349	41	92	14
Греческий	98220	44° 09.80'	39° 10.70'	сантон–кампан	40	40	241	50	41	38	139	10
	98220–2	44° 09.90'			20	50	58	40	217	48	319	11
	98222	44° 09.00'			50	40	46	17	273	67	141	16
	98223	44° 09.10'			25	60	18	71	212	18	121	4
	98224	44° 09.20'			20	55	241	50	32	36	133	15
	98225	44° 09.40'	39° 11.50'	поздняя юра– ранний мел	70	85 opr.	332	11	74	47	232	41
	98226	44° 09.85'	39° 13.30'		80	70	108	6	207	56	14	34
	98228	44° 09.90'	39° 14.05'		95	30	21	38	271	23	157	43
	98230	44° 09.90'	39° 14.10'				166	65	257	1	346	25
Индлок	98231	44° 16.10'	39° 16.20'	аален	35	88	305	67	45	4	136	21
	98231–2	44° 16.10'			30	88	300	35	191	25	74	45
	98232	44° 15.85'	39° 16.00'		40	85	96	18	220	60	358	23
	98233	44° 16.00'			225	65	90	60	333	15	236	26
	98236	44° 15.70'	39° 15.70'		250	55	0	84	253	2	163	6
	98238	44° 14.90'	39° 14.90'		100	20	172	48	74	7	337	42
	98239	44° 14.70'	39° 14.75'		95	50	206	34	77	43	317	28
	98239	44° 14.70'	39° 14.75'		30	45	48	59	257	1	166	31
Елизаветка	98241-1	44° 20.10'	39° 16.00'	аален–байос	60	65	282	60	92	30	184	4
	98241-2	44° 20.10'			50	40	251	17	159	7	47	71
	98241-2	44° 20.10'			145	40	90	24	270	66	0	0
	98241-3	44° 20.10'			145	40	65	18	288	67	160	15
	98241-4	44° 20.10'			300	55	57	24	148	2	243	66
	98241-5	44° 20.10'			140	85	84	18	211	62	347	21
	98241-6	44° 20.10'			0	80	311	27	157	60	47	11
	98242	44° 20.10'	39° 16.05'		0	70	125	30	306	61	215	0
	98243	44° 19.95'	39° 15.90'		0	70	293	58	98	31	192	7
	98243	44° 19.95'			10	70	284	29	150	51	28	23
	98245	44° 19.80'	39° 15.55'		190	80	103	23	231	55	2	25
	98247	44° 19.80'	39° 15.00'		20	88	270	42	99	48	4	4
	98248	44° 19.70'	39° 14.90'		20	88	201	38	309	23	63	44
	98249	44° 19.60'	39° 14.80'		20	88	278	42	52	38	163	36
	98249	44° 19.60'			240	70	72	47	289	37	184	19
	Шелси	98253	44° 12.10'		39° 13.80'	турон–кампан	80	70	96	18	2	13
98254		44° 06.40'	39° 13.50'	140	40		23	57	145	19	245	26
98255		44° 06.40'		140	40		250	23	355	30	130	51
98255–2		44° 06.40'		110	40		248	34	121	42	1	30
98256		44° 06.40'		180	10		54	6	324	1	221	84
98257		44° 06.40'		50	20		66	12	335	1	243	78
98257		44° 06.40'		50	20		162	52	311	34	51	15
98257–2		44° 06.40'		60	40		36	0	126	55	306	35
98258		44° 06.40'		290	70		90	18	356	11	236	69
98259		44° 06.40'		150	50		16	46	150	34	258	25
98260		44° 06.40'		55	20		0	66	109	8	203	22
98260–2		44° 06.40'		80	40		303	56	86	29	186	17
98261		44° 06.40'		20	30		90	48	232	35	337	20

(Северо-Западный Кавказ)

Тип напряженного состояния	μ_0	Число этапов деформирования	α
горизонтальное растяжение	0,25	1	28
горизонтальный сдвиг	-0,08	1	12
горизонтальный сдвиг	0	1	23
горизонтальное сжатие	0,12	1	23
горизонтальный сдвиг	0,43	1	14
горизонтальное сжатие	-0,29	1	21
	0,07	1	27
	-0,35	1	23
	0,03	1	53
горизонтальный сдвиг	0,24	1	27
	-0,03	1	39
горизонтальное сжатие со сдвигом	0,21	1	27
	0,22	1	34
	0,1	1	24
горизонтальный сдвиг	0,11	1	20
горизонтальное сжатие	0,16	1	26
горизонтальное сжатие со сдвигом	-0,11	1	18
горизонтальное растяжение со сдвигом	0,28	1	41
горизонтальный сдвиг	-0,05	1	34
сдвиг в вертикальной плоскости	0,16	1	22
горизонтальное сжатие	-0,19	1	9
	-0,26	1	45
горизонтальное растяжение	-0,2	1	28
горизонтальный сдвиг	0,03	1	29
горизонтальное сжатие	0,27	1	27
	-0,26	1	32
сдвиг в вертикальной плоскости	0,14	1	17
горизонтальный сдвиг	0,29	1	45
горизонтальное сжатие	0,2	1	21
	0,06	А	36
горизонтальное растяжение	-0,01	Б	29
горизонтальный сдвиг	-0,36	1	44
	0,11	1	25
горизонтальное растяжение	-0,73	1	25
горизонтальный сдвиг	-0,15	1	29
	0,16	1	21
	0,21	А	23
горизонтальное сжатие	0,33	Б	22
горизонтальный сдвиг	-0,23	1	29
	-0,02	1	24
горизонтальное сжатие со сдвигом	-0,04	1	50
сдвиг в вертикальной плоскости	-0,04	А	24
	0,08	Б	41
горизонтальное сжатие со сдвигом	0,07	1	22
	0,48	1	27
горизонтальное сжатие	0	А	29
горизонтальное растяжение	-0,6	Б	29
горизонтальный сдвиг	0,16	1	28
горизонтальное растяжение	0,07	1	20
горизонтальное растяжение	-0,02	А	32
горизонтальное сжатие	0,47	Б	24
горизонтальный сдвиг	-0,28	1	30
горизонтальное растяжение	-0,17	1	30
горизонтальное сжатие	-0,11	1	25
	-0,01	1	21
	-0,07	1	24
горизонтальное сжатие со сдвигом	0,23	1	19

(тренд) максимального сжатия, преобладающего в большинстве близко расположенных точек (рис. 5). Анализ распределения групп точек с определенной ориентировкой осей главных напряжений в изученном районе выявил ряд областей с характерным преобладающим направлением осей максимальных сжимающих напряжений (σ_3). Первая область расположена в пределах южной части Туапсинской зоны и несколько западнее (рис. 10). Оси σ_3 в этой области имеют север-северо-западную (до северо-западной) ориентировку. Преобладают обстановки горизонтального сжатия и горизонтального сдвига, а также их сочетание. Вторая область находится в юго-восточной части исследованного района, восточнее долины р. Агой на юге и восточнее р. Туапсе в ее северной части. Область характеризуется устойчивой северо-восточной ориентировкой осей σ_3 , а также широким распространением обстановок горизонтального сжатия. Севернее двух указанных областей, на северо-восток от осевой части складчатого сооружения Большого Кавказа, расположена область с преимущественно меридиональной ориентировкой осей σ_3 .

Ориентировки максимальных сжимающих напряжений в пределах Туапсинской сдвиговой зоны, полученные в результате структурно-парагенетического анализа тектонической трещиноватости и при обработке методом катакластического анализа, отличаются от таковых в соседних районах. Прежде всего это выражается в наличии более разнообразных ориентировок максимальных сжимающих напряжений (σ_3), в том числе север-северо-западных, северо-западных, субмеридиональных и субширотных. Во многих точках наблюдения зафиксирован сдвиговый геологический тип поля напряжений (обстановка горизонтального сдвига). Северо-западные и субширотные ориентировки сжатия в районе долины р. Туапсе зафиксированы и французскими исследователями [Saintot, Angelier, 2002]. По этим параметрам район Туапсинской сдвиговой зоны отличается от разделяемых ею Лазаревского и Афицкого блоков. Так, в Лазаревском блоке преобладают северо-восточные ориентировки максимальных сжимающих напряжений [Маринин, 2003], а западнее, в Афицком блоке (между Геленджикской и Туапсинской поперечными зонами) — субмеридиональные и северо-западные. Разнообразие ориентировок в Туапсинской зоне установлено также по данным изучения гиероглифов, показывающих направление преобладающих течений в прогибе [Гроссгейм, 1963], в отложениях разного возраста (от раннего мела до палеогена). При этом на западе и востоке от сдвиговой зоны установлено выдержанное направление палеотечений вдоль прогиба (с юго-востока на северо-запад).

Вариации направлений осей главных напряжений в разных частях Туапсинского пересечения Северо-Западного Кавказа могут иметь разное

Участок	Номер точки	Координаты точек наблюдения		Возраст отложений	Элементы залегания		σ_1		σ_2		σ_3		
		с.ш.	в.д.		аз. пд.	угол	аз. пд.	угол	аз. пд.	угол	аз. пд.	угол	
Агой-север	98262	44° 12.40'	39° 05.40'	маастрихт	145	50	249	28	57	61	157	5	
	98262-2	44° 12.40'			325	80	251	17	39	70	158	10	
	98262-2	44° 12.40'			325	80	157	5	247	8	33	81	
	98263	44° 12.20'	39° 05.20'		20	25	270	6	45	82	179	6	
	98264	44° 12.10'	39° 05.10'		330	40	64	23	246	67	154	1	
	98264	44° 12.10'			330	40	289	71	67	14	160	12	
Агой-центр	98267	44° 09.50'	39° 03.10'	палеоцен	180	85	78	60	258	31	348	0	
	98267-2	44° 09.50'			10	55	270	12	11	41	167	47	
	98268	44° 08.20'	39° 03.20'		230	80	299	50	130	39	36	6	
	98268-2	44° 08.20'			60	80	282	60	130	27	34	13	
	98269	44° 08.50'	39° 03.25'		200	50	307	11	173	74	39	11	
	98270	44° 08.70'	39° 03.30'		215	45	334	77	181	12	90	6	
Пшиш-юг	98271	44° 21.80'	39° 18.50'	берриас	315	45	72	6	330	65	165	24	
	98271-2	44° 21.80'	39° 18.40'		315	45	264	12	31	71	171	15	
	98271-2	44° 21.80'			315	45	153	63	27	17	290	21	
	98272	44° 22.00'	39° 18.50'		320	40	37	21	159	54	295	28	
	98273	44° 21.45'	39° 19.00'		330	40	5	11	124	69	271	18	
	98274	44° 22.00'			210	50	72	11	296	74	164	11	
	98275	44° 22.45'			80	25	127	11	16	61	223	27	
	98276	44° 22.45'	39° 19.10'		70	20	282	18	102	72	193	0	
	98277-98279	44° 22.44'	39° 19.20'		340	15	251	17	132	58	350	27	
	98278	44° 21.95'	39° 20.90'		330	15	250	23	129	52	354	29	
	98282	44° 22.50'	39° 24.00'		берриас-валан-жин	20	40	84	12	285	77	175	4
	98284	44° 21.20'	39° 23.60'	0		30	205	27	103	22	339	54	
	98285	44° 21.30'	39° 23.70'	30		40	42	6	286	78	133	11	
	98288	44° 21.30'	39° 23.20'	190		45	45	82	306	1	216	8	
	98290	44° 21.50'	39° 23.60'	190		40	90	78	276	12	186	1	
	98291	44° 21.95'	39° 23.70'	140		20	103	18	295	72	194	4	
	98292	44° 22.05'	39° 24.00'	250		10	270	12	135	73	3	12	
	98293	44° 22.30'	39° 24.10'	20		50	96	6	356	60	189	29	
	Пшиш-север	98294	44° 25.00'	39° 26.80'		мел	10	83	90	54	299	33	200
		98295	44° 25.10'		20		25	277	30	21	23	142	51
98296		44° 25.20'	39° 26.70'	180	50		23	57	276	10	180	31	
98296		44° 25.20'		180	50		162	52	286	24	29	28	
98296		44° 25.20'		180	50		342	25	246	14	128	61	
98298		44° 25.60'		маастрихт-палеоцен	110		10	121	12	275	77	30	6
98300		44° 25.60'	39° 27.40'		40	15	264	12	172	10	42	74	
98301-1		44° 25.60'	39° 27.50'		195	80	100	54	306	34	207	12	
98301-1		44° 25.60'			195	80	319	11	187	74	51	12	
98301-1		44° 25.60'			195	80	189	9	98	1	3	82	
98301-2		44° 25.60'			195	80	121	12	275	77	30	6	
98301-3		44° 25.60'			195	80	345	11	253	10	121	76	
98301-3		44° 25.60'			195	80	120	35	330	51	221	15	
98301-4		44° 25.60'			195	80	288	6	191	52	23	37	
98302		44° 26.00'	39° 28.00'	эоцен	40	23	138	37	251	27	7	41	
Ту-алсе	00502	44° 05.80'	39° 03.10'	палеоцен	325	70	134	32	271	49	29	22	
Майский	13098	44° 10.18'	38° 57.24'		35	42	0	60	225	22	127	19	
	13099	44° 10.06'	38° 57.58'		45	30	0	30	234	46	109	29	
	13100	44° 10.06'	38° 57.56'		90	45	23	43	233	42	129	16	
	13101	44° 10.07'	38° 57.53'		60	45	7	42	233	38	122	25	
	13103	44° 10.19'	38° 57.19'		340	48	26	49	183	39	282	12	

Окончание табл.

Тип напряженного состояния	μ_0	Число этапов деформирования	α
горизонтальный сдвиг	-0,06	1	33
	-0,3	А	25
горизонтальное растяжение	-0,2	Б	37
горизонтальный сдвиг	-0,05	1	20
	-0,02	А	22
горизонтальное сжатие	0,18	Б	34
	0,29	1	33
горизонтальное растяжение со сдвигом	-0,05	1	44
горизонтальное сжатие со сдвигом	-0,01	1	32
горизонтальное сжатие	0,19	1	21
горизонтальный сдвиг	0,23	1	33
горизонтальное сжатие	0,05	1	31
горизонтальный сдвиг	-0,09	1	42
	-0,07	А	19
горизонтальное сжатие	-0,39	Б	13
горизонтальный сдвиг	-0,15	1	38
	0,55	1	27
	-0,02	1	25
	-0,04	1	25
	0,16	1	19
	0,03	1	21
	0,15	1	22
	0,32	1	25
горизонтальное растяжение	0,42	1	25
горизонтальный сдвиг	-0,04	1	27
горизонтальное сжатие	-0,2	1	35
	0,02	1	17
горизонтальный сдвиг	-0,24	1	31
	-0,28	1	16
	0,07	1	24
горизонтальное сжатие	0,03	1	16
горизонтальное растяжение	-0,03	1	20
горизонтальное сжатие	-0,06	А	18
	-0,02	Б	26
горизонтальное растяжение	0,06	В	14
горизонтальный сдвиг	0,12	1	17
горизонтальное растяжение	0,03	1	30
горизонтальное сжатие	0,28	А	32
горизонтальный сдвиг	-0,12	Б	17
горизонтальное растяжение	0,04	В	23
горизонтальный сдвиг	-0,21	1	17
горизонтальное растяжение	0,1	А	25
горизонтальный сдвиг	-0,08	Б	31
горизонтальное растяжение со сдвигом	-0,64	1	22
сдвиг в вертикальной плоскости	-0,02	1	29
горизонтальный сдвиг	-0,01	1	13
горизонтальное сжатие	0,31	1	20
горизонтальный сдвиг	0,18	1	19
горизонтальное сжатие со сдвигом	0	1	7
	0	1	6
	0,06	1	23

объяснение. Выявленные «аномальные» северо-западные простирания максимального сжатия могут быть обусловлены изменением локальных стресс-состояний на концах крупной разломной структуры — Туапсинской сдвиговой зоны. Разнообразие ориентировок внутри зоны связано с движением и вращением отдельных блоков. Также возможно взаимодействие крупных блоков, разделяемых этой поперечной структурой. В результате латерального воздействия со стороны Центрального Кавказа Лазаревский блок может воздействовать на Афипиский, что особенно четко проявляется на границе этих блоков. Не исключен из рассмотрения и вариант катакластического течения пород в приосевых частях складчатого сооружения Северо-Западного Кавказа, рассмотренный в работах [Расцветаев и др., 2000; Леонов и др., 2001; Маринин и Расцветаев, 2008; Расцветаев и др., 2010].

Геодинамический тип напряженного состояния.

Данные о типе напряженного состояния показывают, что в изученном регионе преобладают обстановки горизонтального сдвига и сжатия (рис. 9). Суммарное число определенных обстановок горизонтального сжатия и его сочетания со сдвигом, а также горизонтального сдвига составляет почти 80% от общего числа реконструированных стресс-состояний. С одной стороны, характерно изменение соотношения обстановок горизонтального сдвига, а с другой — горизонтального сжатия в разных тектонических зонах. На диаграммах видно преобладание обстановок горизонтального сдвига во всех тектонических зонах, лишь в области, прилегающей к Бекишейскому нарушению, отмечено преобладание обстановок горизонтального сжатия. Кроме того, на северном крыле мегантиклинория (Абино-Гунайский синклиний) более чем в 2 раза преобладают обстановки горизонтального сдвига. Это может быть связано с тем, что к структурам Туапсинской сдвиговой зоны здесь подходят Тугупсинский и Навагинский сдвиги общекавказского (северо-западного) простирания. Кроме того, это свидетельствует о значительно меньшем развитии здесь надвиговых дислокаций, чем в структурах южного крыла мегантиклинория. В пределах осевой зоны мегазоны Северо-Западного Кавказа преобладают обстановки горизонтального сдвига и горизонтального сжатия, а обстановки горизонтального растяжения здесь единичны.

Примечания. Элементы залегания слоистости — аз. пд. — азимут падения, град., угол — угол падения, град., опр. — опрокинутое; σ_1 – σ_3 — ориентировки осей главных напряжений: реконструированные при помощи метода катакластического анализа [Ребецкий, 2007] по структурно-кинематическим данным о трещинах, σ_1 — минимальные (девиаторное растяжение), σ_2 — промежуточные, σ_3 — максимальные сжимающие; μ_0 — коэффициент Лоде–Надаи; α — угол альфа между направлением подвижки на плоскости трещины и направлением касательных напряжений, действующих на этой же плоскости.

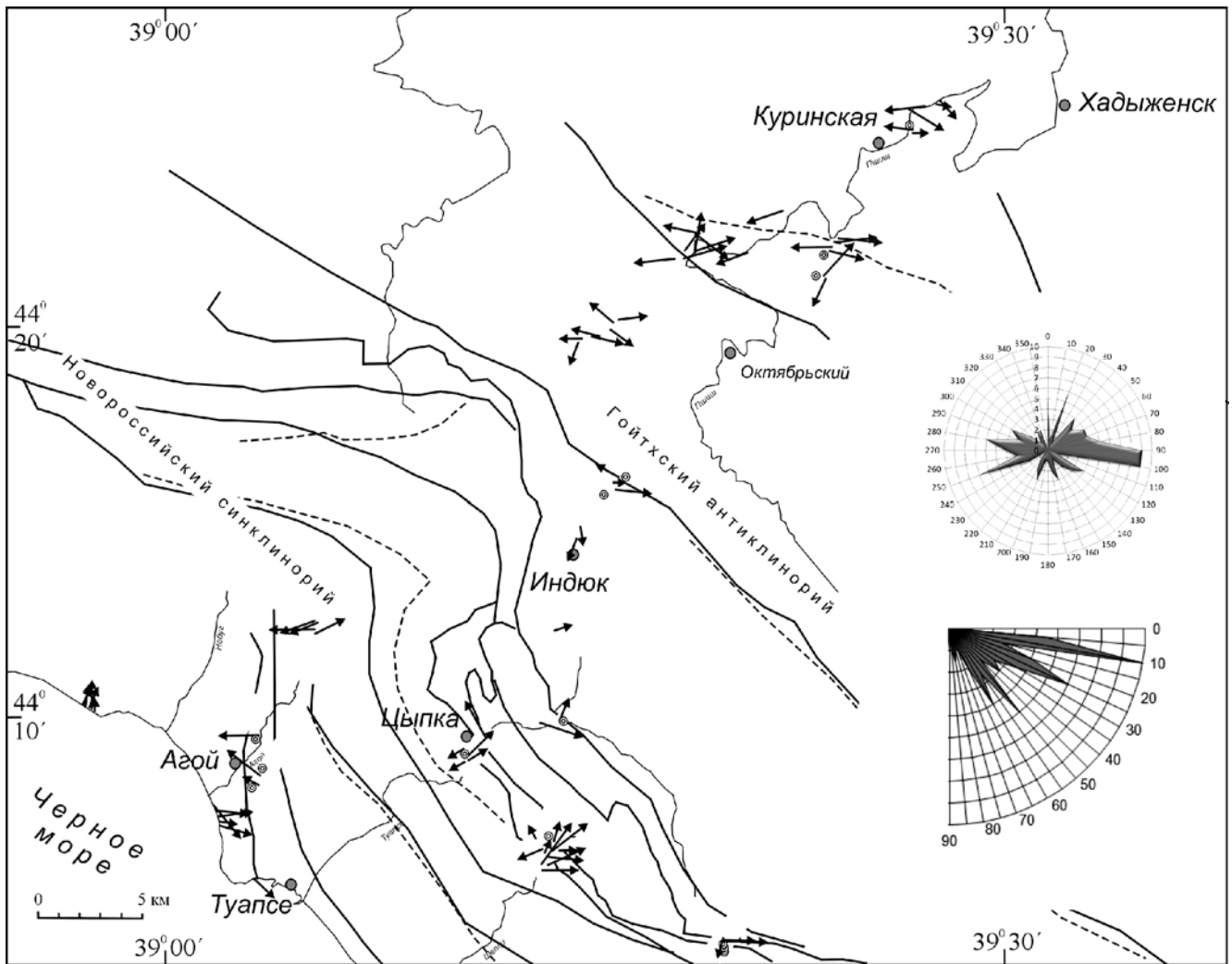


Рис. 7. Ориентировка осей минимальных сжимающих напряжений (девиаторное растяжение) в районе Туапсинской сдвиговой зоны. Стрелками показаны проекции осей (σ_1) минимальных сжимающих напряжений. На врезке — розы-диаграммы азимутов погружения (вверху) и углов наклона (внизу) минимальных (σ_1) сжимающих напряжений. Подробное описание см. подрисовочную подпись к рис. 6

Привязка к тектоническим зонам и структурным этажам. Распределение полученных результатов по направлению осей главных напряжений показало их сходство для всех крупных тектонических зон в районе исследований. Для соседних участков разных тектонических зон характерны похожие ориентировки осей. Это же можно сказать и при сравнении разновозрастных деформированных толщ. Раннеальпийский и среднеальпийский этажи деформированы в сходных условиях (по преобладающим направлениям максимального сжатия и типу напряженного состояния). Два этапа и более

регистрируются редко, что может быть связано с пространственными изменениями характеристик поля напряжений. Полученные данные позволяют говорить о постоянстве общей геодинамической обстановки во время формирования основных складчатых структур Северо-Западного Кавказа (в пределах Туапсинского пересечения).

Значения коэффициента Лодэ–Надаи. Анализ его рассчитанных значений показал, что большинство определений лежит в диапазоне, близком к нулю, изменяясь от $-0,2$ до $+0,2$. При этом осевая

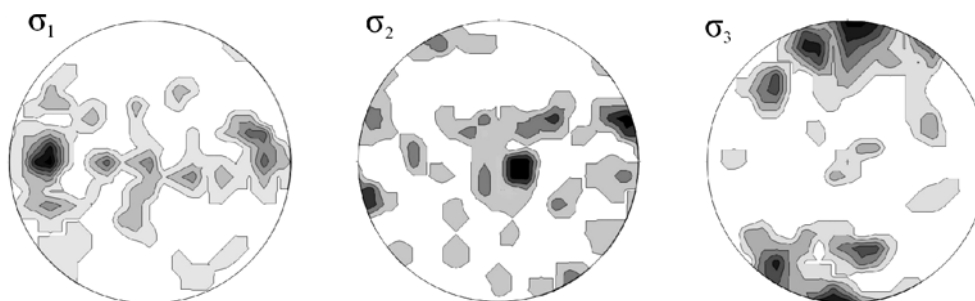


Рис. 8. Круговые диаграммы (стереографическая проекция) реконструированных осей главных напряжений на Туапсинском пересечении Большого Кавказа (показана плотность выходов осей на верхнюю полусферу): σ_1 — минимальные сжимающие (девиаторное растяжение), σ_2 — промежуточные и σ_3 — максимальные сжимающие напряжения

и северная части мегантиклинория характеризуются близким соотношением значений коэффициента Лоде–Надаи — много локальных стресс-состояний со значениями коэффициента от $-0,2$ до $-0,4$ и от $0,2$ до $0,4$. Реконструированные локальные стресс-состояния здесь близки к виду напряженного состояния одноосного растяжения и одноосного сжатия. Для южного крыла Северо-Западного Кавказа преимущественные значения коэффициента Лоде–Надаи близки к нулю, т.е. вид тензора напряжений в большинстве случаев близок к чистому или простому сдвигу.

Заключение. Установленные нами плавные изменения простираний реконструированных осей главных напряжений (от одной части исследованного района к другой) свидетельствуют о том, что необходимо соблюдать осторожность при палеореконструкциях тектонического развития по определениям стресс-тензоров в отдельных точках наблюдения. Изменение параметров реконструированного поля напряжений (ориентация осей главных напряжений и тип напряженного состояния) не всегда свидетельствует о смене тектонической обстановки и наличии разных этапов деформирования.

Выявленные пространственные вариации положения осей главных напряжений в пределах исследованного региона укладываются в единый этап с преобладанием максимального сжатия, ориентированного в субмеридиональном направлении. На востоке региона преобладают обстановки горизонтального сжатия с субвертикальной осью девиаторного растяжения (σ_1) и субгоризонтальной осью максимального сжатия (σ_3) северо-восточной ориентировки (до север-северо-восточной). Взбросовые и надвиговые смещения вблизи Бекишейского разлома имеют запад-северо-западное простирание и падение на север-северо-восток. Формирование Туапсинской сдвиговой зоны наиболее четко проявлено одновременно с развитием основных складчатых и разрывных структур Северо-Западного Кавказа (эоцен–миоцен). В пределах этой зоны распространены правосдвиговые смещения субмеридионального простирания, образование которых связано с обстановкой горизонтального сдвига (оси σ_1 и σ_3 субгоризонтальны) при

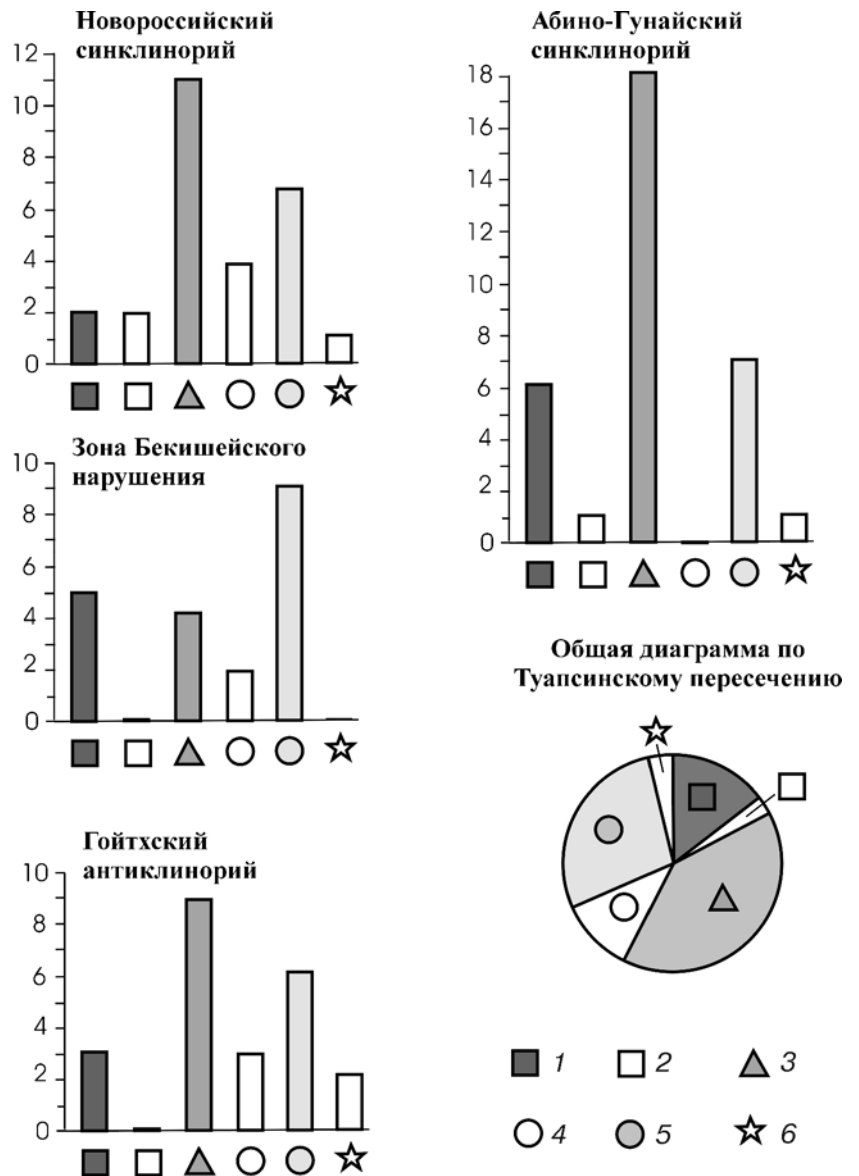


Рис. 9. Диаграммы распределения геодинамических типов напряженного состояния (по данным реконструкции с помощью метода катакластического анализа) по крупным тектоническим зонам: 1 — горизонтальное растяжение, 2 — горизонтальное растяжение в сочетании со сдвигом, 3 — горизонтальный сдвиг, 4 — горизонтальное сжатие в сочетании со сдвигом, 5 — горизонтальное сжатие

северо-восточном направлении максимального сжатия. Данные реконструкции палеонапряжений подтверждают установленный Ч.Б. Борукаевым структурный парагенез правого сдвига меридиональной ориентировки и взбросо-надвигов Бекишейско-Наужинской системы нарушений с северо-западным простиранием.

Дискуссии о первичности или вторичности сдвигов продольной (так называемой кавказской) ориентировки и поперечной (антикавказской) ориентировки можно разрешить в рамках данных о локальных стресс-состояниях. Мы фиксируем здесь сочетание обстановок северо-восточного сжатия и горизонтального сдвига с формированием правых и левых сдвигов (субмеридионального и субширотного простирания соответственно), а также обстановок субмеридионального сжатия и

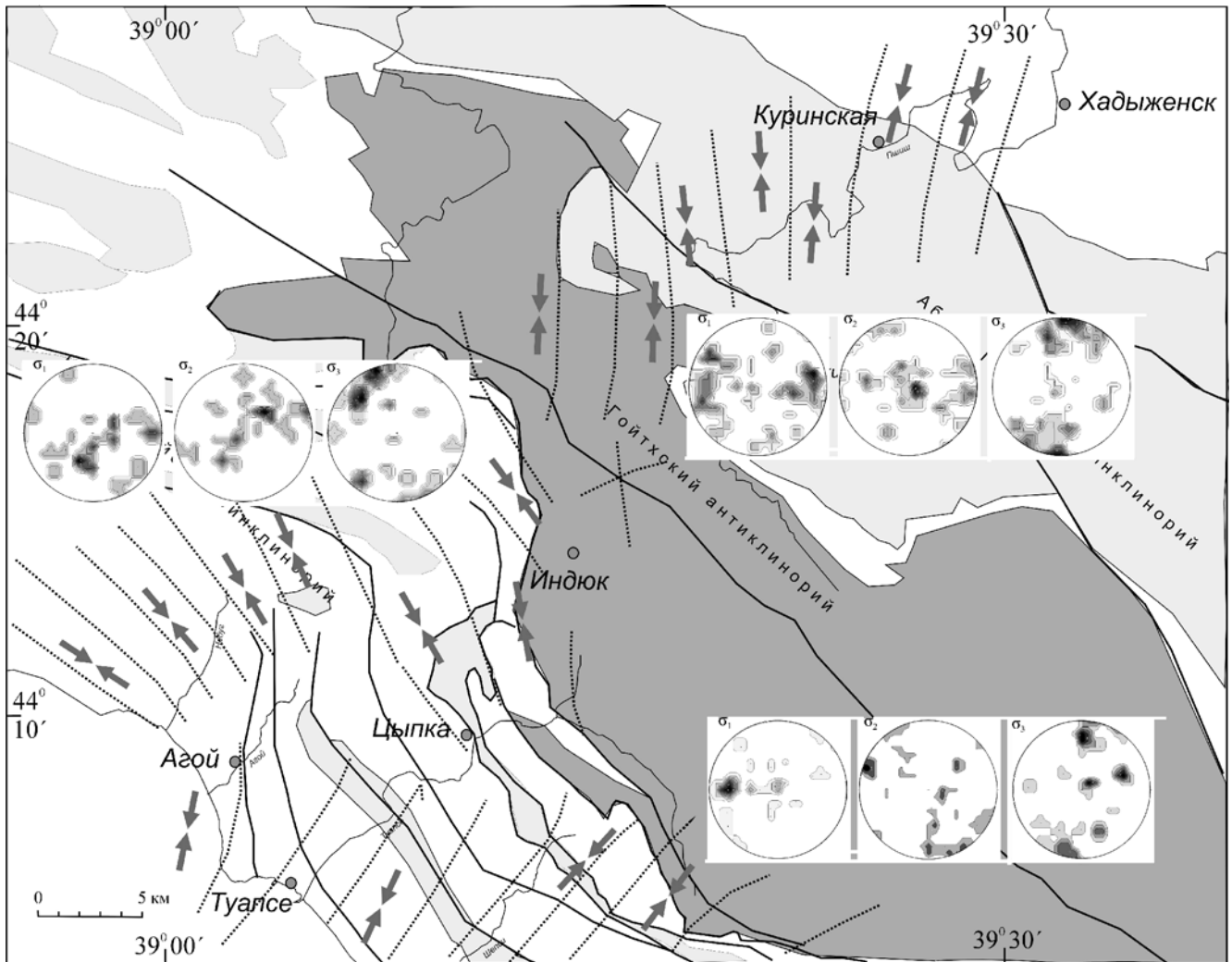


Рис. 10. Схема траекторий проекций осей максимальных сжимающих напряжений. На врезках показаны круговые диаграммы (стереографическая проекция на верхнюю полусферу) плотности выходов осей главных напряжений для трех выделенных областей. Геологическая основа составлена с учетом данных [Корсаков и др., 2002]

горизонтального сдвига с формированием преимущественно правых сдвигов северо-западного простиранья.

Авторы выражают искреннюю благодарность сотрудникам ФГУП «Кавказгеолсъемка» С.Г. Корсакову, Г.А. Письменской и Н.Л. Энне за совместные маршруты и обсуждение геологических проблем Кавказа, сотруднику кафедры региональной геологии и истории Земли Л.М. Расцветаеву

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Борукаев Ч.Б. Тектоническая структура юго-восточной части Новороссийского синклиналия (Северо-Западный Кавказ) и история ее формирования: Автореф. канд. дисс. М., 1964. 16 с.

Борукаев Ч.Б., Дьяконов А.И. О Туапсинской зоне поперечных сдвигов (Северо-Западный Кавказ) // Докл. АН СССР. 1964. Т. 155, № 3. С. 552–554.

Вялов О.С. Геологические исследования в 1931 году в Западном Кавказе // Зап. ВМО. 1934. Ч. 63, вып. 1. С. 271–289.

Гроссгейм В.А. О характере течений во флишевых бассейнах // Бюлл. МОИП. Отд. геол. 1963. Т. 38, вып. 1. С. 17–30.

за многолетнее научное руководство и совместные маршруты, многократное обсуждение региональных вопросов геологии Кавказа и теоретических проблем тектодинамики. Мы признательны коллегам из лаборатории тектонофизики имени М.В. Гзовского (ИФЗ РАН) Ю.Л. Ребецкому, Л.А. Сим и А.В. Михайловой за обсуждение статьи и ценные замечания.

Корсаков С.Г., Семенуха И.Н., Горбова С.М. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:200 000. Изд. 2-е. Сер. Кавказская. Лист К-37-XXXIV (Туапсе). Объясн. зап. СПб.: Изд-во картофабрики ВСЕГЕИ, 2002. 151 с.

Маринин А.В. Особенности тектонического строения Северской и Псекупской ступеней (Северо-Западный Кавказ) // Бюлл. МОИП. Отд. геол. 2003. № 2. С. 22–24.

Маринин А.В., Копачев Л.Ф., Ступин С.И. Геологическое строение участка долины р. Убинка (Северо-Западный Кавказ) // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология. 2011. № 5. С. 33–41.

Маринин А.В., Расцветаев Л.М. Структурные парагенезы Северо-Западного Кавказа // Проблемы тектонофизики. К 40-летию создания М.В. Гзовским лаборатории тектонофизики в ИФЗ РАН. М.: ИФЗ, 2008. С. 191–224.

Несмеянов С.А. Неоструктурное районирование Северо-Западного Кавказа. М.: Недра, 1992. 254 с.

Расцветаев Л.М. Некоторые особенности позднеальпийской структуры орогенических областей Юга СССР и тектонические напряжения новейшего времени // Новейшая тектоника, новейшие отложения и человек. Вып. 5. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1973. С. 57–107.

Расцветаев Л.М. Парагенетический метод структурного анализа дизъюнктивных тектонических нарушений // Проблемы структурной геологии и физики тектонических процессов. Ч. 2. М., 1987. С. 173–235.

Расцветаев Л.М., Маринин А.В., Тверитинова Т.Ю. Позднеальпийские дизъюнктивные системы и геодинамика Западного Кавказа // Физика Земли. 2010. № 5. С. 31–40.

Ребецкий Ю.Л. Методы реконструкции тектонических напряжений и сейсмостектонических деформаций

на основе современной теории пластичности // Докл. РАН. 1999. Т. 365, № 3. С. 392–395.

Ребецкий Ю.Л. Принципы мониторинга напряжений и метод катакластического анализа совокупностей сколов // Бюлл. МОИП. Отд. геол. 2001. Т. 76, вып. 4. С. 28–35.

Ребецкий Ю.Л. Тектонические напряжения и прочность горных массивов. М.: Наука, 2007. 406 с.

Трихунков Я.И. Система морфоструктур и сейсмичность Северо-Западного Кавказа // Геоморфологические системы: свойства, иерархия, организованность / Отв. ред. Э.А. Лихачева. М.: Медиа-ПРЕСС, 2010. С. 101–115.

Хаин В.Е., Афанасьев С.Л., Борукаев Ч.Б., Ломизе М.Г. Основные черты структурно-фациальной зональности и тектонической истории Северо-Западного Кавказа // Геология Центрального и Западного Кавказа. М., 1962. С. 5–33.

Saintot A., Angelier J. Tectonic paleostress fields and structural evolution of the NW-Caucasus fold-and-thrust belt from Late Cretaceous to Quaternary // Tectonophysics. 2002. Vol. 357. P. 1–31.

Поступила в редакцию
19.05.2015