

УДК 551.243

doi: 10.55959/MSU0579-9406-4-2024-63-2-32-44

## ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ ПШЕХСКО-АДЛЕРСКОЙ ФЛЕКСУРНО-РАЗРЫВНОЙ ЗОНЫ БОЛЬШОГО КАВКАЗА ПО ДАННЫМ СТРУКТУРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Татьяна Юрьевна Тверитинова<sup>1</sup>✉, Антон Витальевич Маринин<sup>2</sup>,  
Иван Владимирович Бондарь<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Институт физики Земли имени О.Ю. Шмидта РАН; Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия; tvertat@yandex.ru ✉

<sup>2</sup> Институт физики Земли имени О.Ю. Шмидта РАН, Москва, Россия; marinin@ifz.ru,  
<https://orcid.org/0000-0002-1099-6492>

<sup>3</sup> Институт физики Земли имени О.Ю. Шмидта РАН, Москва, Россия; bond@ifz.ru

**Аннотация.** Проведенное в долине р. Белой исследование малых дизъюнктивных нарушений позволило установить тектодинамические условия формирования Пшехско-Адлерской поперечной зоны Большого Кавказа. В данной зоне показано наличие сдвиговых перемещений разного масштаба и преобладание обстановки горизонтального сдвига. При помощи метода катакlastического анализа установлены различия параметров напряженно-деформированного состояния в разных тектонических комплексах и структурах региона. Выявленные структурные парагенезы меридионального и северо-восточного сжатия, определяют региональную правосдвиго-раздвиговую природу меридиональной Пшехско-Адлерской зоны с развитием внутри зоны деформаций раздвиго-левосдвиговых структур северо-восточного простирания.

**Ключевые слова:** Пшехско-Адлерская зона, разрывные нарушения, поле напряжений, локальное стресс-состояние, тектонофизика, зеркала скольжения, структурный парагенез

**Для цитирования.** Тверитинова Т.Ю., Маринин А.В., Бондарь И.В. Особенности строения Пшехско-Адлерской флексурно-разрывной зоны Большого Кавказа по данным структурных исследований // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология. 2024. № 2. С. 32–44.

## STRUCTURAL FEATURES OF THE PSHEKHA-ADLER FAULT ZONE OF THE GREATER CAUCASUS ACCORDING TO STRUCTURAL STUDIES

Tatyana Yu. Tveritinova<sup>1</sup>✉, Anton V. Marinin<sup>2</sup>, Ivan V. Bondar<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Schmidt Institute of Physics of the Earth, Russian Academy of Sciences; Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia; tvertat@yandex.ru ✉

<sup>2</sup> Schmidt Institute of Physics of the Earth, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia; marinin@ifz.ru,  
<https://orcid.org/0000-0002-1099-6492>

<sup>3</sup> Schmidt Institute of Physics of the Earth, Russian Academy of Sciences; Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia; bond@ifz.ru

**Abstract.** The study of minor faults carried out in the valley of the Belaya River made it possible to establish the tectodynamic conditions for the formation of the Pshekha-Adler fault zone of the Greater Caucasus. In this zone, the presence of strike-slip displacements of different scales and the predominance of the situation of horizontal displacement are shown. Using the method of cataclastic analysis, differences in the parameters of the stress-and-strain state in different tectonic complexes and structures of the region have been established. The revealed structural pattern of meridional and northeastern compression determine the regional dextral strike-slip fault and extensional fault nature of the meridional Pshekha-Adler fault zone with the development of sinistral strike-slip faults and extensional faults of the northeastern strike inside the deformation zone.

**Keywords:** Pshekha-Adler fault zone, fault, stress field, local stress state, tectonophysics, slickenside, structural pattern

**For citation.** Tveritinova T.Yu., Marinin A.V., Bondar I.V. Structural features of the Pshekha-Adler fault zone of the Greater Caucasus according to structural studies. *Moscow University Geol. Bull.* 2024; 2: 32–44. (In Russ.).

**Введение.** В структуре складчато-глыбового сооружения Большого Кавказа отчетливо выделяются сегменты, разделенные относительно узкими поперечными орогену флексурно-разрывными зонами субмеридионального и северо-восточного простирания, по которым изменяется ширина орогена, наб-

людаются флексурообразные изгибы продольных структурно-фациальных зон в плане, фациальные и металлогенические различия мезозойско-кайнозойских отложений [Хаин и др., 1962; Милановский, Хаин, 1963; Милановский, 1968; Шарданов, 1968; Резников, 1969, 1970; Несмеянов, Измайлов, 1995;

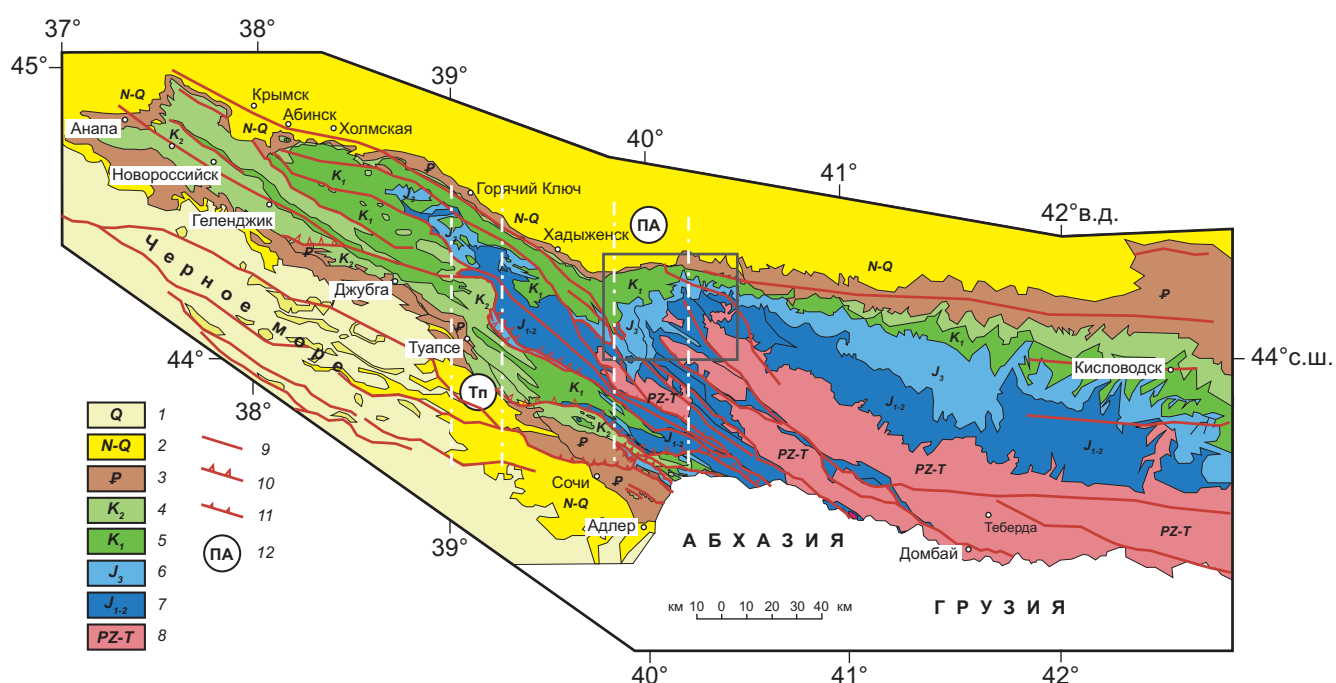


Рис. 1. Геологическая схема Западного Кавказа, составленная с учетом данных В.Е. Хаина, С.Г. Корсакова, В.А. Лаврищева: 1–8 — области развития отложений кватерна (1), неогена–кватерна (2), палеогена (3), верхнего мела (4), нижнего мела (5), верхней юры и келловая (6), нижней и средней юры (7), палеозоя и триаса (8); 9–11 — региональные разрывные нарушения, в том числе имеющие взбросо-надвиговую (10) и покровную (11) кинематику; 12 — флексурно-разрывные зоны (ПА — Пшехско-Адлерская, Тп — Туапсинская) показаны белым пунктиром. Рамкой выделена территория исследований

Гиоргобиани, 1999; Расцветаев, 1989; Расцветаев и др., 2010; 2011]. Крупные поперечные зоны выражены резкой перестройкой структур всего орогена Большого Кавказа и разным уровнем эрозионно-денудационного среза. При детальной геологической съемке [Корсаков и др., 2004; Лаврищев и др., 2011] и специальных структурных исследованиях [Расцветаев и др., 2010, 2011; Маринин, Тверитинова, 2016; Трихунков и др., 2018; 2019; Гайдаленок и др., 2021] выявляются подобные структуры меньшего масштаба. Морфологическое выражение этих зон различно. В одних присутствуют признаки квазипластического течения в зонах изгибов и вергентности продольных складчатых структур, другие проявляются малоамплитудными сбросо-сдвиговыми разрывами. Например, для Туапсинской поперечной зоны характерна концентрация раздвиго-правосдвиговых деформаций, обусловленных действием меридионального и северо-восточного горизонтального сжатия [Маринин, Тверитинова, 2016].

Одной из крупнейших поперечных к орогену Большого Кавказа структур является Пшехско-Адлерская зона субмеридионального простирания, разделяющая Центральный и Северо-Западный сегменты Большого Кавказа (рис. 1). Пшехско-Адлерская поперечная зона рассматривается в качестве «переходной зоны глубинных разломов и флексур» на западном погружении поперечного Транскавказского поднятия [Милановский, Хаин, 1963] или зоны поперечного дробления [Несмеянов, 2004]. На

геологической карте Пшехско-Адлерская зона выражена погружением доальпийских (допалеозойских и палеозойских) комплексов и ниже-среднеюрских отложений Лабино-Малкинской зоны прерывистой складчатости, перекрываемых келловей-эоценовыми отложениями Северо-Кавказской моноклинали. Ширина мегантиклинория по выходам юрских образований к востоку от зоны составляет 40–50 км, а к западу 5–10 км. Здесь заметно расширяется Кубанский краевой прогиб, а южные тектонические зоны косо срезаются Черноморской впадиной. Повидимому, зона имеет глубокое заложение и характеризуется длительным развитием, с ней связаны различия в аномальных гравитационном и магнитном полях. Известными структурами зоны являются давно выделенные Цицинский и Курджипский разломы [Милановский, Хаин, 1963]. В ее пределах выявлена Адыгейско-Лабинская антикавказская зона дислокаций, которая сопровождается грабенообразными прогибами в доюрском основании и широким проявлением сдвиговых перемещений вдоль разломов северо-северо-западного простирания [Корсаков и др., 2004]. В зоне расположен крупный меридионально ориентированный тектонический блок Лагонакского плато, возможно представляющий тектонический покров [Белоусов, 1952; Корсаков и др., 2004; Лаврищев и др., 2011]. В пределах зоны происходит Z-образный (правосдвиговый) изгиб в плане продольных кавказских складчато-разрывных зон с запад-северо-западного простирания на

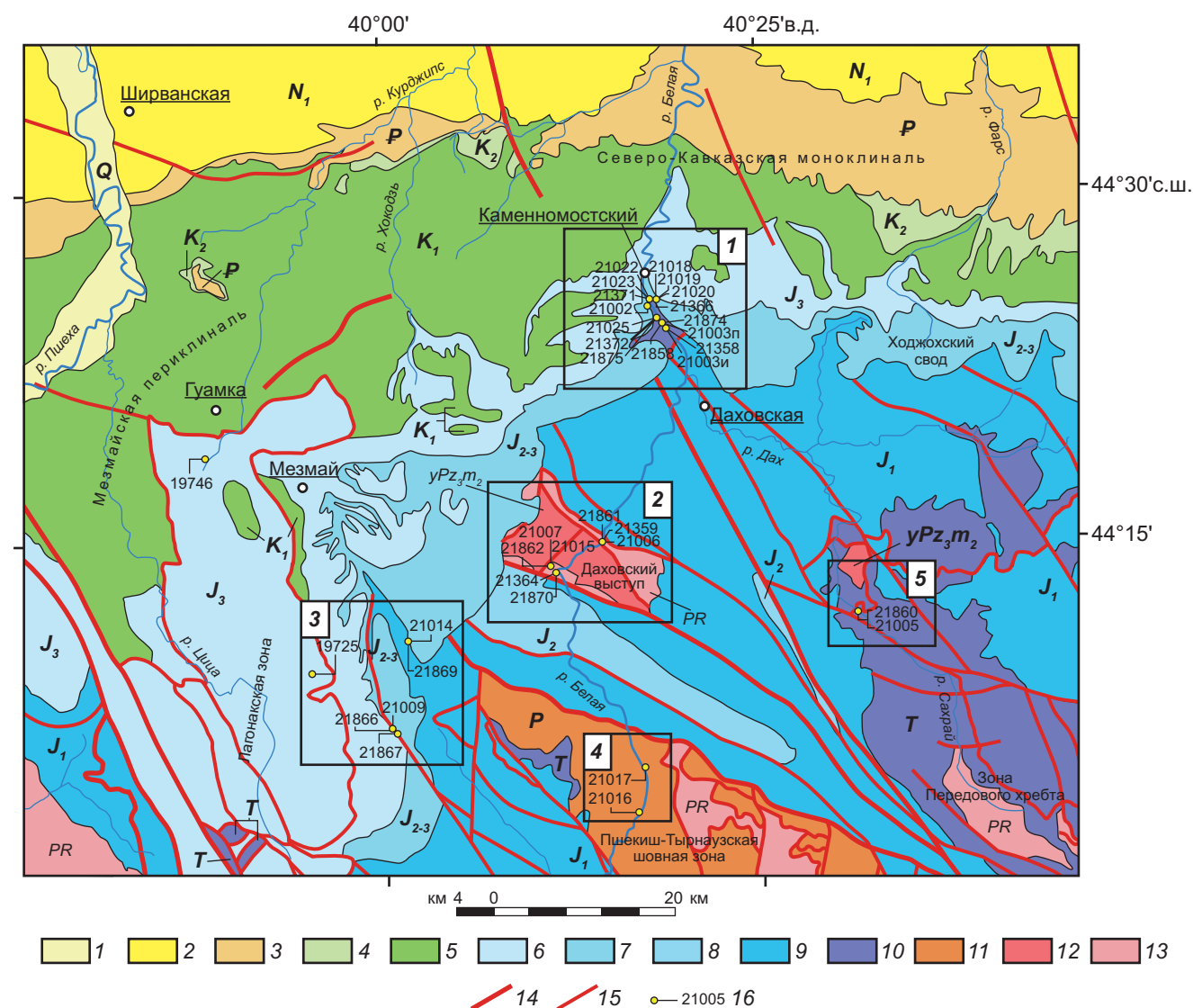


Рис. 2. Геологическая схема участков исследований Белореченского пересечения Большого Кавказа. Геологическая основа составлена с учетом данных [Корсаков и др., 2004; Лаврищев и др., 2011]. Условные обозначения: 1–13 — геологические подразделения (1 — квартер, 2 — неоген, 3 — палеоген, 4 — верхний мел, 5 — нижний мел, 6 — верхняя юра, 7 — келловей — верхняя юра, 8 — средняя юра, 9 — нижняя юра, 10 — триас, 11 — пермь, 12 — позднепалеозойские граниты малкинского комплекса, 13 — протерозой нерасчлененный); 14–15 — разрывные нарушения (главные (14), второстепенные (15)); цифры на линиях (16) — точки наблюдений и их номера. Прямоугольниками показаны участки структурных наблюдений: 1 — Ходжохская теснина; 2 — Даховский выступ; 3 — Лагонакская зона; 4 — Пшекиш-Тырнаузская зона; 5 — зона Передового хребта

северо-западное. Таким образом, Пшехско-Адлерская поперечная зона Большого Кавказа является структурным узлом, в котором сосредоточены разноориентированные зоны концентрации деформаций различного кинематического типа.

**Материалы и методы исследований.** Для установления кинематической природы выделенных зон концентрации деформаций Белореченского пересечения Большого Кавказа нами проведены структурные исследования малых дизъюнктивов на пяти участках (рис. 2). Основное внимание уделено изучению зеркал скольжения, отрывных трещин и стресс-стилолитов. Используемые методы парагенетического анализа малых дизъюнктивов Л.М. Расцветаева [1987] и катакlastического анализа разрывных нарушений Ю.Л. Ребецкого [Ребецкий,

2007; Ребецкий и др., 2017] позволили выявить основные системы разрывных нарушений и рассчитать параметры напряженно-деформированного состояния локальных стресс-тензоров в пределах изученной территории, а также провести выделение устойчивых структурных парагенезов рассматриваемой территории.

На Белореченском пересечении Большого Кавказа развиты доальпийские и разновозрастные альпийские комплексы отложений. Наиболее древние образования, обнажающиеся в эрозионных окнах ниже-среднеюрского комплекса, представлены протерозойскими метаморфитами и прорывающими их позднепалеозойскими гранитоидами (участок «Даховский выступ»). К доальпийским относят также палеозойские складчатые комплексы зоны



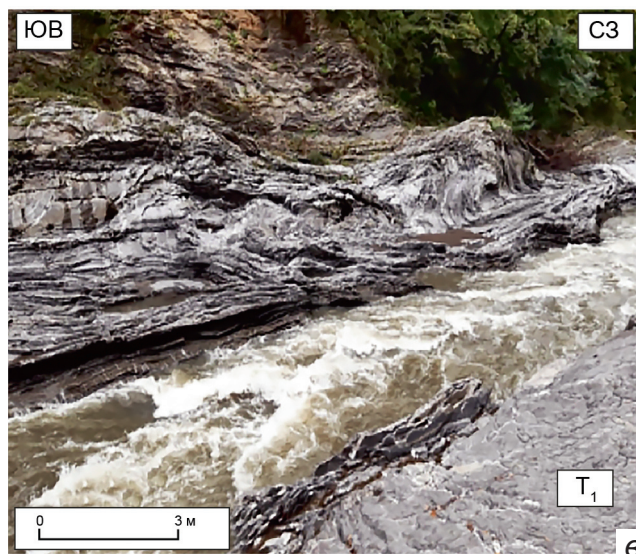
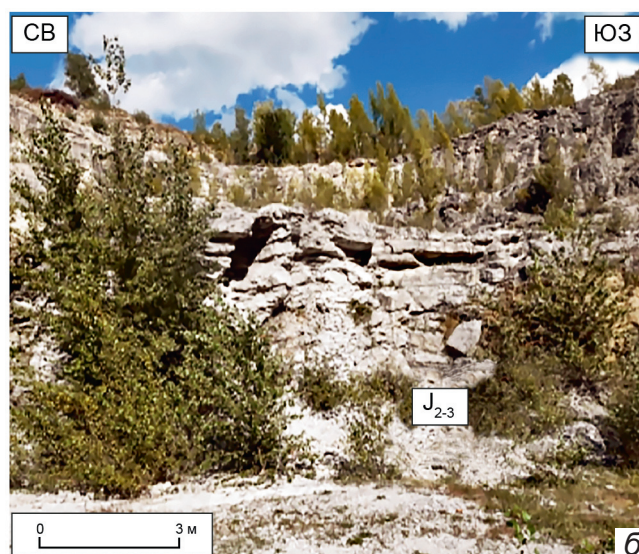
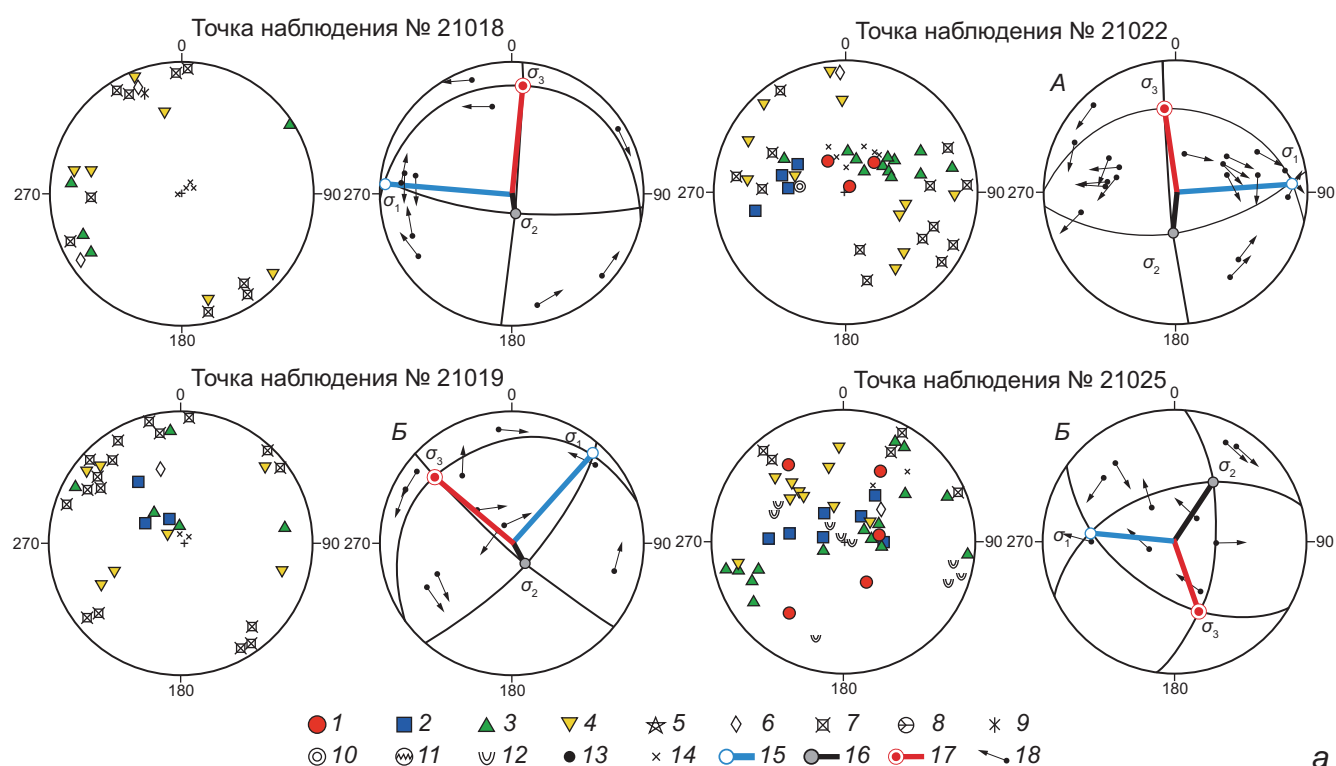


Рис. 3. Участок «Ходжохская теснина». а — круговые диаграммы (стереографическая проекция верхней полусферы), показаны полюса плоскостей тектонических трещин разного типа (слева) и положение осей главных напряжений (справа). 1–11 — полюса тектонических трещин с преимущественным типом перемещений: 1 — взбросы, 2 — сбросы, 3 — правые сдвиги, 4 — левые сдвиги, 5 — взбросо-сбросы, 6 — сдвиги, 7 — отрывы, 8 — «перьевые» отрывные структуры, 9 — жилы, 10 — зоны дробления, 11 — стресс-стилолиты; 12 — шарниры мелких складок; 13 — сколы; 14 — элементы залегания слоистости; 15–17 — оси главных нормальных напряжений: 15 — минимальных, 16 — промежуточных, 17 — максимальных сжимающих; 18 — направление перемещения висячего блока в полюсах трещин (зеркал скольжения) со структурно-кинематическими данными, которые были использованы при реконструкции; б — карбонатные моноклинально залегающие толщи верхней юры; в — карбонатные складчатые толщи триаса

Передового хребта (одноименный участок) и Пшекиш-Тырнаузской шовной зоны (одноименный участок), а также преимущественно карбонатные триасовые отложения Ходжохского свода (участок «Ходжохская теснина»). К альпийским образованиям относятся верхнеюрские отложения Северо-Кавказской моноклинали (участки «Ходжохская теснина» и «Лагонакская зона»).

**Результаты структурных наблюдений и определение палеонапряжений на участках исследования.** *Ходжохская теснина* (ущелье р. Белой к югу от ст. Каменноостской) прорезает терригенно-карбонатные отложения средней-верхней юры, которые с угловым несогласием залегают на смятых в сложные складки известняковых толщах триаса. Здесь в районе Ходжохского свода происходит раз-

ворот верхнеюрской моноклинали на сменяющую ее к западу Мезмайскую периклинали (рис. 3). В полого залегающих юрских отложениях с падением на северо-запад под углами  $5-10^\circ$  выявляются крутопадающие отрывы и сдвиги, а также пологие зеркала скольжения (рис. 3, б). Среди левых сдвигов преобладают крутопадающие структуры северо-восточного и северо-западного простирания, среди правых — северо-западного и меридионального. Система сбросовых структур имеет северо-западное падение плоскостей сместителя. Главные структурные парагенезисы обусловлены северо-западным сжатием — северо-восточным растяжением и меридиональным сжатием — широтным растяжением при сдвиговом типе деформирования (обстановка горизонтального сдвига). Отрывные структуры указывают на обстановку северо-западного растяжения.

Для комплекса триасовых отложений характерны сложные складки северо-восточного и широтно-го простирания, формирование которых вероятно было связано с докелловейскими покровно-надвиговыми деформациями. В трещиноватости выявлены как крутопадающие, так и пологие зеркала скольжения, отражающие квазипластический характер деформаций. Наряду с зеркалами скольжения развиты также хрупкие структуры в виде субвертикальных отрывов меридионального и северо-восточного простирания (рис. 3, в). Основные системы дизъюнктивов представлены левыми сдвигами северо-восточного простирания, правыми сдвигами северо-западного простирания, относительно пологими взбросами и сбросовыми структурами. Правые сдвиги образуют характерный центральный пояс течения (структуры одного простирания с разными углами падения). Главная обстановка формирования большинства трещинных структур различного кинематического типа определяется условиями субмеридионального сжатия — субширотного растяжения. По ориентировке осей напряжения в пространстве устанавливается обстановка горизонтального сдвига и его сочетания с горизонтальным сжатием и растяжением.

**Даховский выступ** представлен выходами в долине р. Белая кристаллических пород протерозойского балканского метаморфического комплекса и прорывающего их позднепалеозойского массива гранитоидов малкинского комплекса среди нижне-среднеюрских песчано-глинистых толщ Лабино-Малкинской зоны прерывистой складчатости. В гранитном массиве для северной его краевой зоны (рис. 4, а) характерны преимущественно сдвиговые зеркала скольжения. Левые сдвиги северо-восточного простирания образуют левосдвиговый пояс течения. Вместе с тем по сдвиговым зеркалам скольжения намечается деформация сдвигового вращения (то есть на диаграмме (рис. 4, верхний ряд) полюса сдвигов распределены по всей ее периферии).

Кроме того, наблюдаются пологие зеркала, скольжения, отражающие наличие покровных структур, которые выявлены при картировании палеозойских комплексов [Ненахов и др., 2019]. Главные структурные парагенезисы определяются меридиональным (до северо-западного) направлением максимальных сжимающих напряжений и широтной/субвертикальной ориентировкой минимальных сжимающих напряжений (растяжения), а также соответственно преобладанием обстановок горизонтального сдвига и горизонтального сжатия. В южной краевой зоне массива также развиты различно ориентированные зеркала скольжения с главной системой взбросо-сдвиговых структур юго-восточного падения (рис. 4, нижний ряд) и определяется обстановка субмеридионального (северо-северо-западного) максимального сжатия и субширотного (восток-северо-восточного) растяжения. Структурные рисунки трещиноватости в гранитоидах по широкому разбросу ориентировок трещин различного кинематического типа в максимумах указывают на формирование трещинных зон в условиях катаклического течения.

**Лагонакская зона.** В структуре Северо-Кавказской моноклинали рядом исследователей выделяется Лагонакский покров [Белоусов, 1952; Корсаков и др., 2004], представленный рифовыми известняками верхней юры — берриаса и продуктами их разрушения. Северный фланг предполагаемого покрова надвинут на меловые отложения моноклинали, южный — на юрские деформированные комплексы складчато-глыбового поднятия Главного хребта. Внутренняя его структура представляет полого (до  $10-12^\circ$ ) падающую на север моноклинали, осложненную на отдельных участках мелкими складками и серией правых сдвигов северо-западного простирания. Формирование покрова возможно было связано со срывом преимущественно карбонатных масс Северо-Кавказской моноклинали с относительно поднятого блока Лабино-Малкинской зоны и перемещением их к западу — в сторону Мезмайской периклинали.

Проведенные замеры в верхнеюрских известняках автохтона показали, что в относительно полого залегающих известняковых толщах развиты преимущественно крутопадающие различно ориентированные сдвиги и отрывы (рис. 5). Наиболее представительна система левых сдвигов северо-западной ориентировки, отражающая субширотное сжатие. Меридиональные правые и широтные левые сдвиги формировались при северо-восточном сжатии в условиях сдвигового типа деформирования. В относительной близости к предполагаемому аллохтону выявлены и пологие структуры (диаграмма 21009), представленные пологими зонам дробления. На удалении от поверхности срыва (диаграмма 21014) формируются редкие структуры отрывного типа,



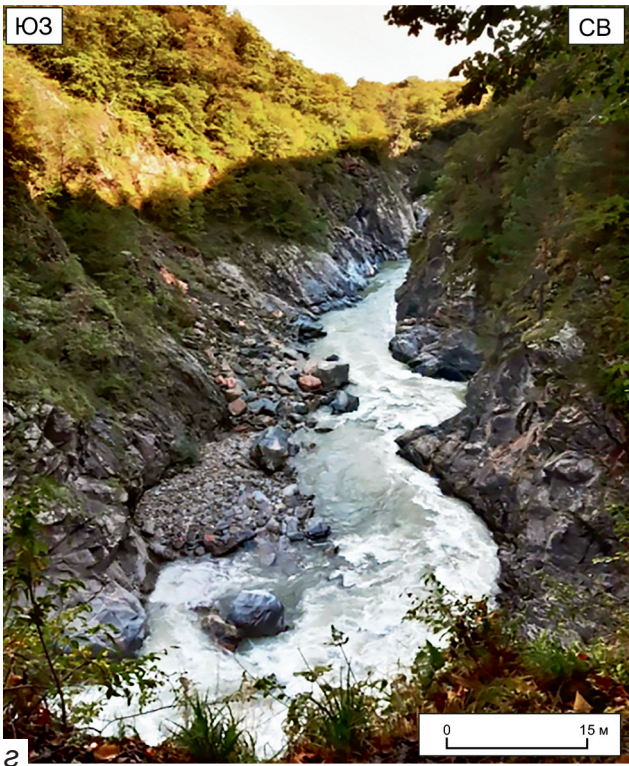
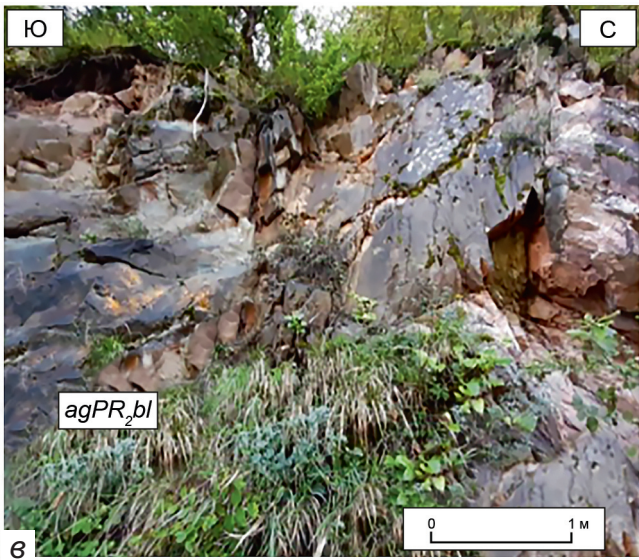
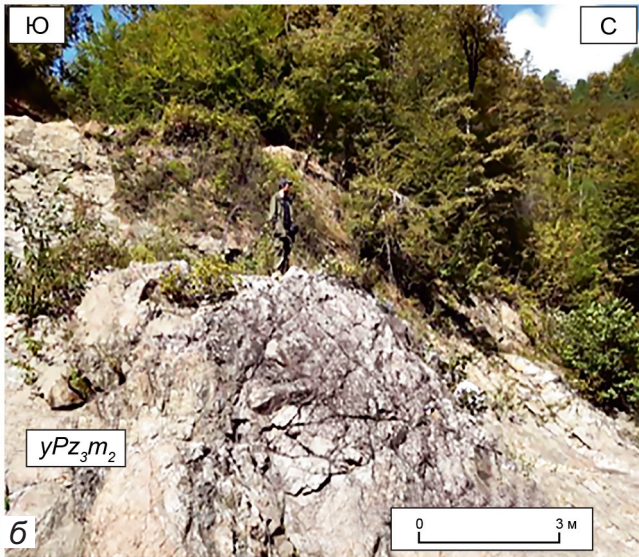
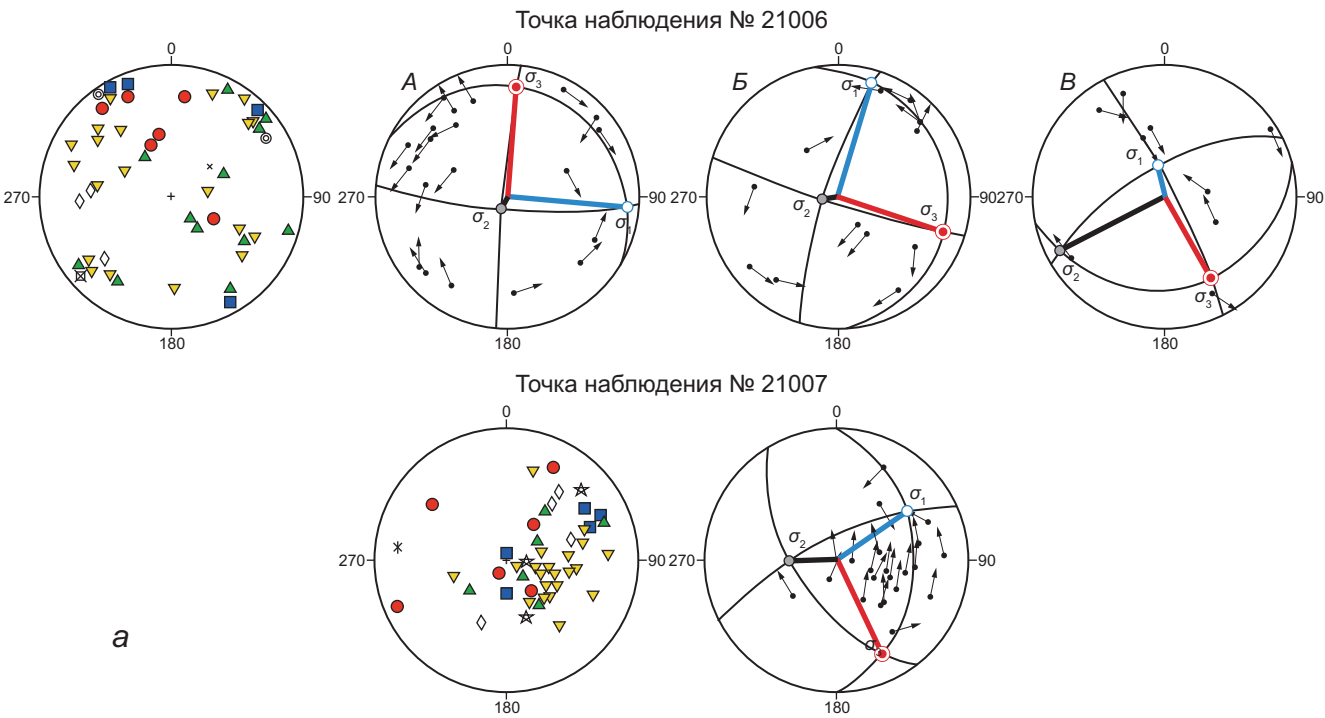


Рис. 4. Участок «Даховский выступ». *a* — круговые диаграммы (стереографическая проекция верхней полусферы), показаны полюса плоскостей тектонических трещин разного типа (слева) и положение осей главных напряжений (справа). Условные обозначения см. рис. 3; *б* — южная краевая зона Даховского гранитного массива малкинского интрузивного комплекса; *в* — северная краевая зона массива и вмещающие метаморфические породы; *г* — вид Гранитного ущелья р. Белой, прорезающей граниты малкинского интрузивного комплекса

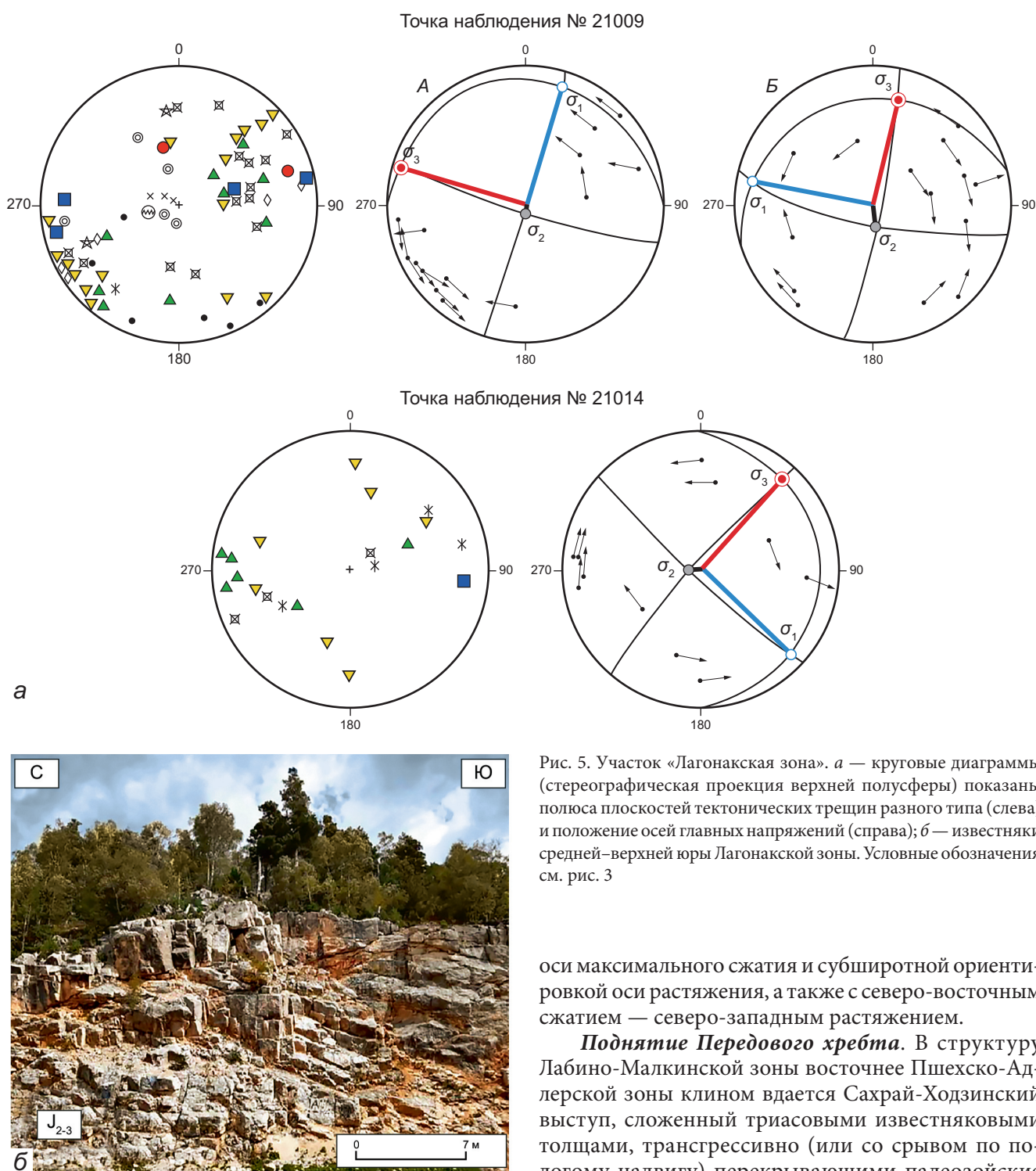


Рис. 5. Участок «Лагонакская зона». *а* — круговые диаграммы (стереографическая проекция верхней полусферы) показаны полюса плоскостей тектонических трещин разного типа (слева) и положение осей главных напряжений (справа); *б* — известняки средней–верхней юры Лагонакской зоны. Условные обозначения см. рис. 3

оси максимального сжатия и субширотной ориентировкой оси растяжения, а также с северо-восточным сжатием — северо-западным растяжением.

**Поднятие Передового хребта.** В структуру Лабино-Малкинской зоны восточнее Пшехско-Адлерской зоны клином вдаётся Сахрай-Ходзинский выступ, сложенный триасовыми известняковыми толщами, трансгрессивно (или со срывом по пологому надвигу) перекрывающими палеозойские комплексы. Триасовые отложения слагают пологую (до 15–20°) моноклиаль северного падения и характеризуются развитием преимущественно крутопадающих субмеридиональных правых сдвигов, отрывов и зон дробления, а также разноименных сдвигов северо-восточной ориентировки (рис. 7), которые указывают на обстановки субмеридионального и северо-восточного сжатия.

**Обобщение данных о кинематике малых разрывных нарушений и палеонапряжений полученных по данным полевых исследований.** Проведенные исследования на Белореченском пересечении

указывающие на возможное направление движения покрова в ЗЮЗ направлении.

В пределах **Пшекиш-Тырныаузской шовной зоны** проведены структурные исследования в пермских молассовых отложениях Белореченской впадины Пшекиш-Бамбакского тектонического блока. При пологом залегании толщ выявлены разноориентированные (с преобладанием меридиональных) субвертикальные отрывы и сдвиговые зеркала скольжения (рис. 6). Устанавливается сдвиговый тип поля напряжений с субмеридиональной ориентировкой



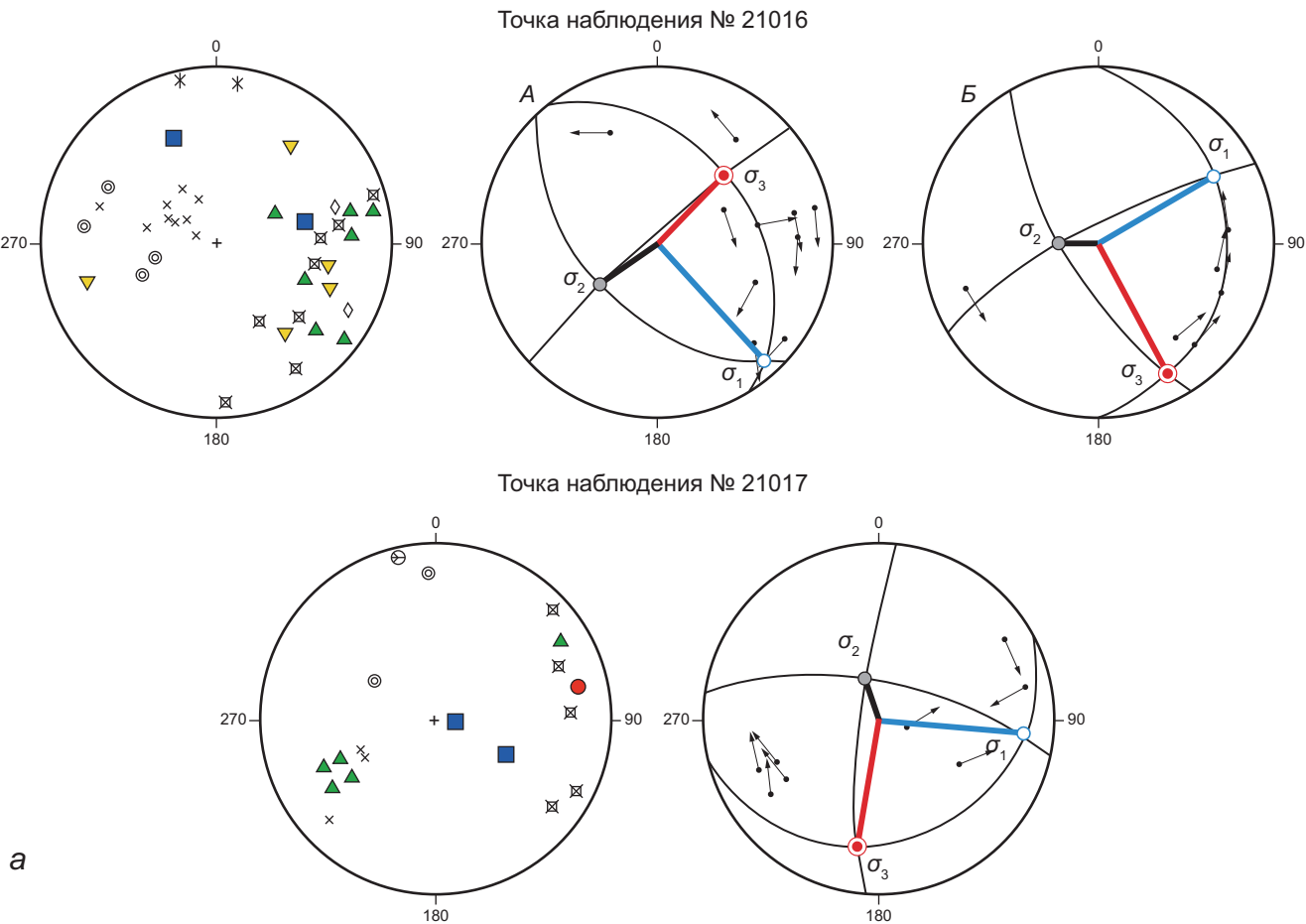
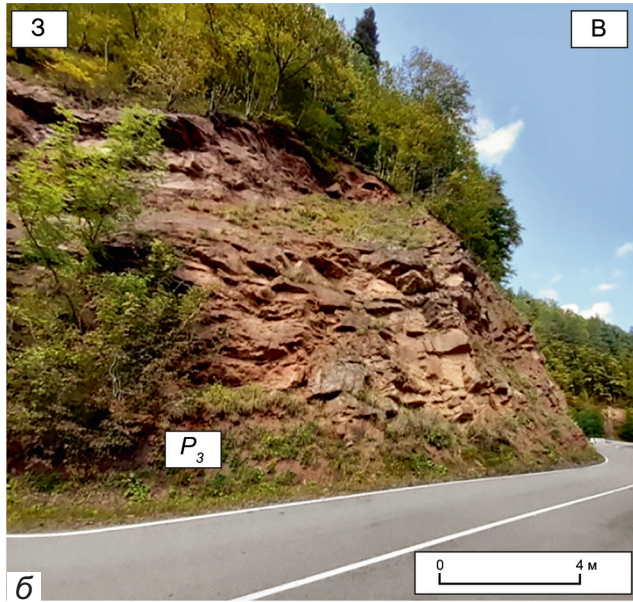


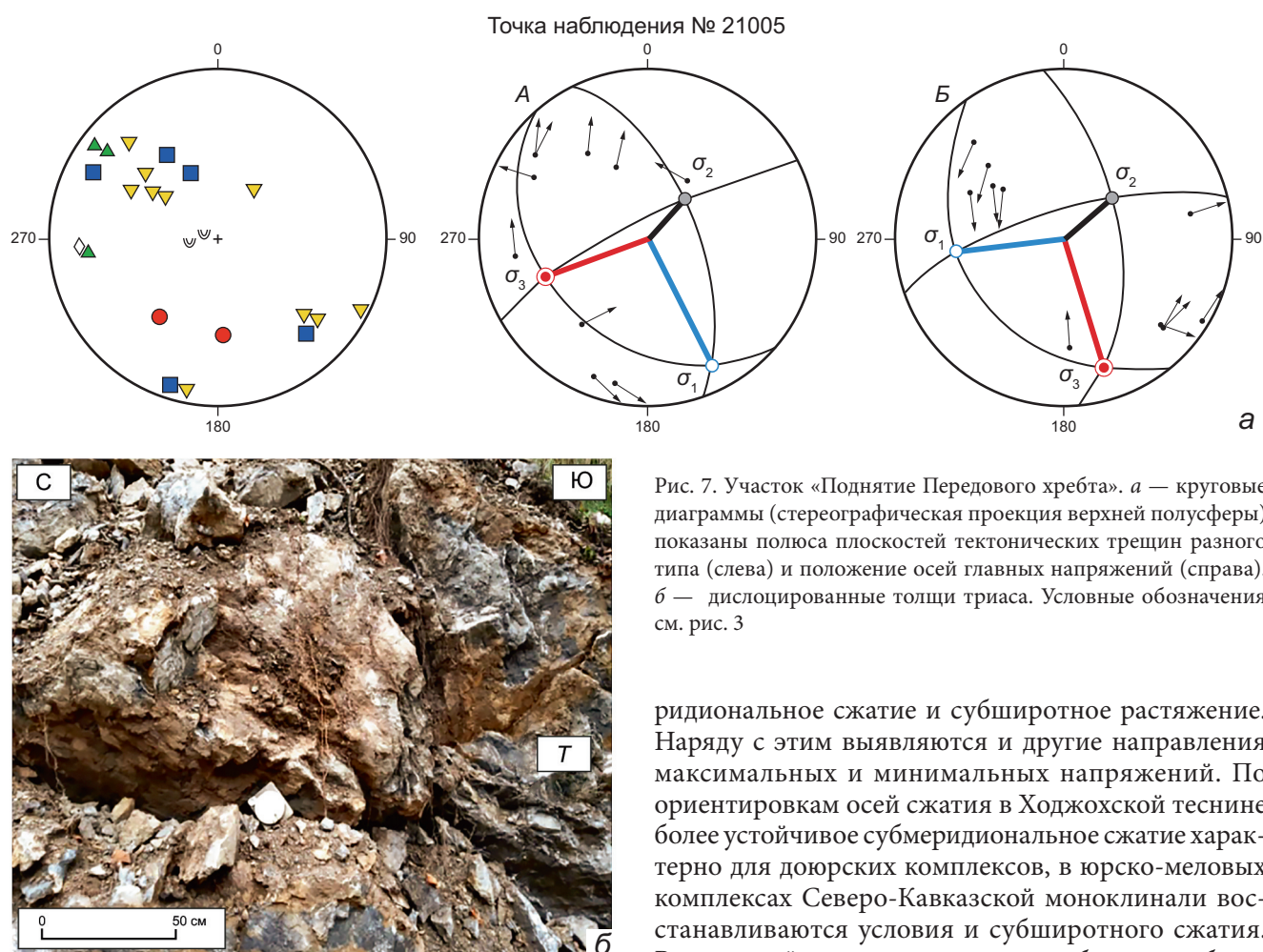
Рис. 6. Участок «Пшекиш-Тырныаузская шовная зона». а — круговые диаграммы (стереографическая проекция верхней полушеры) показаны полюса плоскостей тектонических трещин разного типа (слева) и положение осей главных напряжений (справа); б — пермские песчаники. Условные обозначения на рис. 3



Большого Кавказа выявили распределение малых дизъюнктивов различного кинематического типа (рис. 8). Преобладающая ориентировка элементов залегания слоистости субширотная. Среди зеркал скольжения преобладают сдвиги. Левые сдвиги северо-восточного простирания и правые — северо-западного вместе образуют парагенез субмеридионального сжатия. Достаточно четкие максимумы

образуют крутопадающие левые сдвиги северо-западного простирания. В субмеридиональной системе отмечаются как правые, так и левые сдвиги. Широкое развитие сдвиговых нарушений может указывать на проявление деформации сдвигового вращения. Отрывы и жилы вместе образуют большой периферийный пояс. При этом среди отрывов преобладают субвертикальные структуры северо-восточного простирания, отражающие условия преобладающего северо-западного растяжения. Среди жил в качестве главных выделяются системы субширотного (BCB) и субмеридионального (CC3) простирания. Менее представительны среди зеркал скольжения взбросы северо-западного простирания и сбросы северо-восточного, что позволяет их образования связывать с условиями СВ сжатия — СЗ растяжения. Судя по ориентировке крутопадающих разрывных нарушений (максимумы северо-восточного, северо-западного и меридионального простирания) можно предполагать, что они соответствуют сдвигам, а широтные





дизъюнктивы с падением в северном и южном направлении являются взбросами и надвигами. Крутопадающие зоны дробления меридионального простирания вероятно являются сдвиго-раздвигами, а широтные и северо-западного простирания с различным падением — структурами сжатия со сдвиговой составляющей.

Данные по зеркалам скольжения с установленным характером смещений использованы для определения параметров напряженно-деформированного состояния при помощи метода катакластического анализа разрывных нарушений [Ребецкий, 2007] и созданной на его основе компьютерной программы *STRESSgeol* (рис. 9–11). Установлено что на Белореченском пересечении преобладают обстановки горизонтального сдвига (более 60% случаев) (рис. 9, А). Это видно и по сводным диаграммам ориентации осей главных напряжений (рис. 9, Б, верхний ряд): промежуточная ось образует на диаграмме наиболее четкий максимум в центральной части диаграммы, а оси максимального сжатия и растяжения тяготеют к горизонтальной плоскости. Главный максимум оси растяжения — широтный, сжатия — субмеридиональный.

По ориентировкам осей напряжений (рис. 10) можно видеть, что повсеместно преобладает субме-

ридиональное сжатие и субширотное растяжение. Наряду с этим выявляются и другие направления максимальных и минимальных напряжений. По ориентировкам осей сжатия в Ходжохской теснине более устойчивое субмеридиональное сжатие характерно для доюрских комплексов, в юрско-меловых комплексах Северо-Кавказской моноклинали восстанавливаются условия и субширотного сжатия. В доальпийских комплексах преобладают обстановки меридионального сжатия, но в Даховском выступе четко проявлены и субширотное сжатие. Разнообразные ориентировки осей фиксируются и в альпийских комплексах Лагонакской зоны.

Относительно более сложные структурные рисунки трещиноватости, отражающие проявление различных типов напряженно-деформированного состояния и их сочетаний, характерны для всех доюрских комплексов (Ходжохский и Даховский выступы, Пшекиш-Тырныаузская зона и зона Передового хребта), а также альпийских комплексов Лагонакской зоны. В доальпийских комплексах сложность структурных рисунков естественно связывать с наложением разновозрастных полей напряжений. Сложные структурные обстановки деформирования, фиксирующиеся в альпийских комплексах Лагонакской зоны, могут быть связаны с формированием предполагаемого Лагонакского покрова (рис. 9, Б, нижний ряд).

**Выводы.** Проведенные на Белореченском пересечении исследования разрывно-трещинных структур методами парагенетического и катакластического анализа разновозрастных комплексов Большого Кавказа в районе глубинной Пшехско-Адлерской зоны доказывают, что она является раздвиго-правосдвиговой структурой, сформированной под действием **главного регионального ме-**

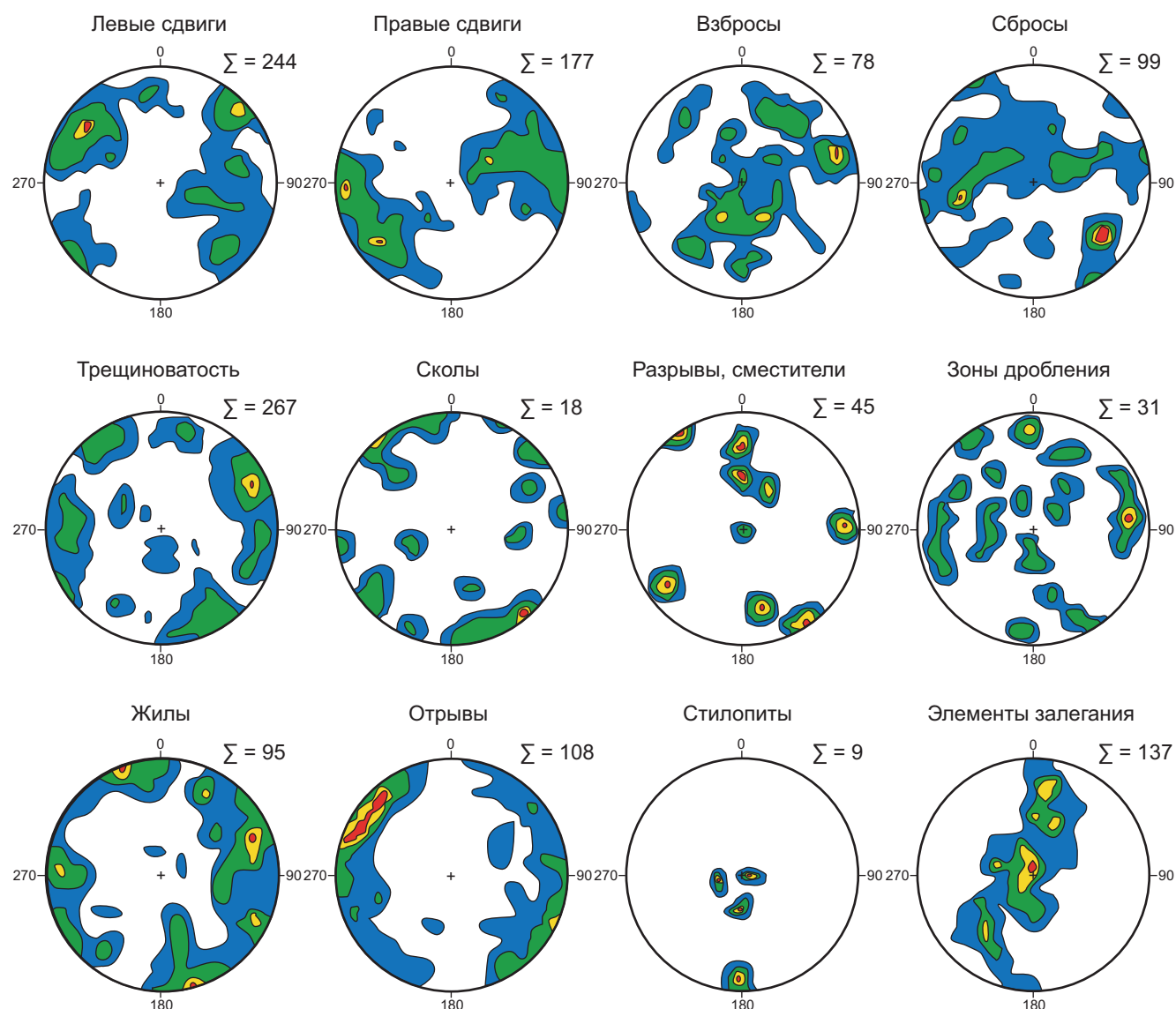


Рис. 8. Сводные стереограммы нарушений различного кинематического типа на Белореченском пересечении Большого Кавказа (показаны плотности концентрации полюсов структур в стереографической проекции верхней полусферы)

**ридионального сжатия и локально проявленного северо-восточного сжатия** (ориентированного поперек основных складчатых структур Большого Кавказа). Особенностью структуры Пшехско-Адлерской флексуно-разрывной зоны является Z-образный правосдвиговый изгиб структур «кавказской» ориентировки до северо-западной, что привело к усилению здесь северо-восточного сжатия. Выявлено неоднородное строение данной зоны с закономерным распределением малых дизъюнктивов. Вариации направления максимальных сжимающих напряжений от меридионального до северо-восточного обусловило широкое развитие поперечных орогену структур отрывно-левосдвигового типа. Сочетание таких тектодинамических условий на меридиональной структуре погружения орогена к западу определило формирование сложного структурного узла с широким проявлением

взбросо-сдвиговой кинематики структур «кавказского» плана и одновременно сдвига-раздвиговой — по различно ориентированным поперечным ему структурам.

С учетом установленного характера проявления и ориентации дизъюнктивных нарушений в пределах Пшехско-Адлерской поперечной зоны можно предположить, что региональная крутопадающая система нарушений северо-западного простирания в доюрском и ниже-среднеюрском комплексах отражает условия поперечного сжатия с формированием структур сплющивания и взбросо-надвиговых структур, а также широкого проявления правосдвиговой деформации. Вместе с системой северо-западного простирания в данном районе хорошо выражена система поперечных и косых нарушений (по отношению к региональным кавказским структурам), имеющих субмеридиональные



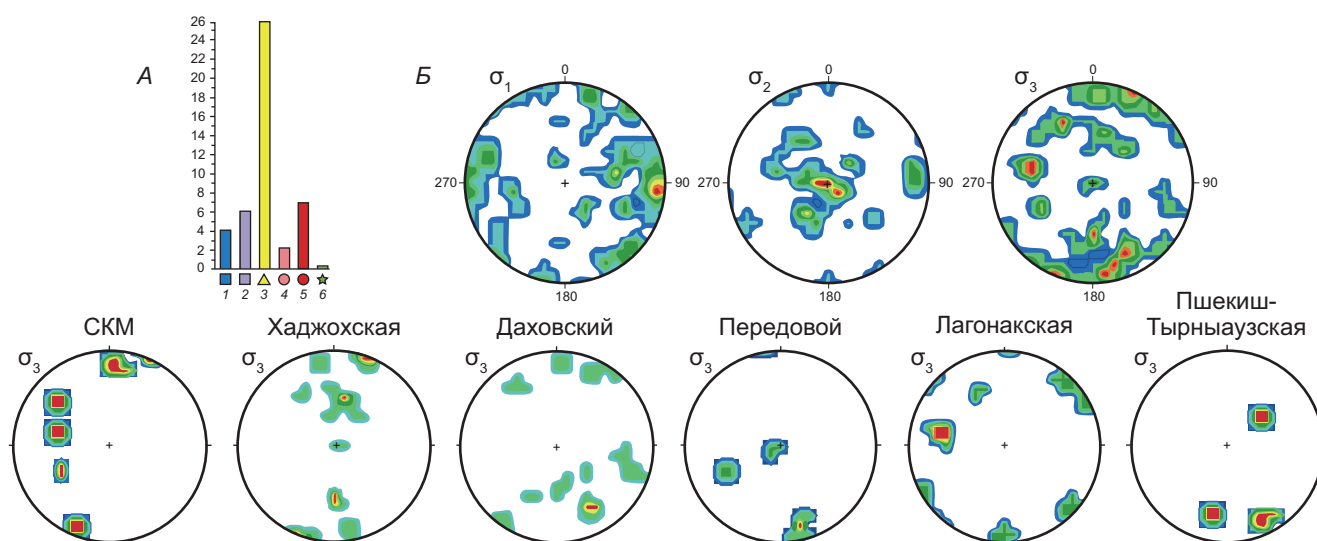


Рис. 9. Результаты реконструкции тектонических напряжений в долине р. Белая методом катакlastического анализа разрывных нарушений. А: типы напряженного состояния: 1 — горизонтального растяжения, 2 — горизонтального растяжения в сочетании со сдвигом, 3 — горизонтального сжатия в сочетании со сдвигом, 4 — горизонтального сжатия в сочетании со сдвигом, 5 — горизонтального сжатия, 6 — сдвига в вертикальной плоскости; Б: ориентировка осей главных напряжений для локальных стресс-тензоров: оси  $\sigma_1$ ,  $\sigma_2$ ,  $\sigma_3$  — минимальных (девиаторное растяжение), промежуточных и максимальных сжимающих напряжений. Верхний ряд — для зоны в целом; нижний ряд — ориентировка оси максимальных сжимающих напряжений на участках: Северо-Кавказская моноклиналь, Хаджохская теснина, Даховский выступ, Передовой хребет, Лагонакская зона и Пшекиш-Тырныаузская зона

и северо-восточные (вплоть до восток-северо-восточных) простирания. Для всех этих систем характерна деформация растяжения (развитие жил и структур отрывного типа), сопровождающаяся формированием сдвигов (с преобладанием левосдвиговых нарушений). Главное поле напряжений, проявленное в пределах зоны, это меридиональное сжатие и широтное растяжение.

В слабодислоцированных комплексах установлен большой разброс ориентировок осей максимального сжатия, что указывает на малый уровень напряжений, тогда как в более деформированных толщах ориентировка сжатия локализуется более четко, что указывает на более высокий уровень напряжений. Сложное напряженное состояние в Даховском массиве связывается с его раздавливанием в условиях субмеридионального сжатия. Структурные рисунки

в Лагонакской зоне мы связываем с формированием Лагонакского покрова.

Данные по позднеальпийской структуре и особенностям развития меридионально ориентированной Пшехско-Адлерской переходной от Центрального к Северо-Западному сегменту Большого Кавказа зоны, определяющей погружение орогена к западу, не противоречат данным о доальпийской истории ее развития. Это длительно развивающаяся выраженная в геофизических полях неоднородность структуры Большого Кавказа и его обрамления (продолжающаяся в зону Предкавказских прогибов), вероятно принадлежит к системе характерных для Кавказского региона меридиональных структур, основной из которых является зона Транскавказского поднятия.

**Финансирование.** Исследования выполнены при финансовой поддержке Госзадания ИФЗ РАН.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Белоусов В.В. Краткий обзор сейсмичности Кавказа в сопоставлении с его тектоническим строением / В.В. Белоусов, И.В. Кириллова, А.А. Серский // Известия АН СССР. Сер. геофиз. 1952. № 5. С. 20–44.

Гайдаленок О.В., Соколов С.А., Гордеев Н.А. Структура Керченско-Таманской складчатой зоны Азово-Кубанского прогиба // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2021. № 2. Вып. 50. С. 64–83.

Гиоргобиани Т.В. Шолевая тектоника Большого Кавказа и прилегающего Закавказья // Тектоника, геодинамика и процессы магматизма и метаморфизма: Материалы совещания. М., 1999. Т. 1. С. 178–181.

Корсаков С.Г., Семенука И.Н., Белуженко Е.В. и др. Государственная геологическая карта Российской Фе-

дерации м-ба 1:200 000. 2-е изд. Серия Кавказская. Лист L-37-XXXV. Майкоп. Объяснительная записка. СПб., 2004. 310 с.

Лаврищев В.А., Шейков А.А., Андреев В.М. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Серия Скифская. Лист К-37 (Сочи), К-38 (Махачкала), К-39. Объяснительная записка. СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2011. 431 с.

Маринин А.В., Тверитинова Т.Ю. Строение Туапсинской сдвиговой зоны по тектонофизическим данным // Вестник МГУ. Сер. 4. Геология. 2016. № 1. С. 41–55.

Милановский Е.Е. Новейшая тектоника Кавказа. М.: Недра, 1968. 484 с.

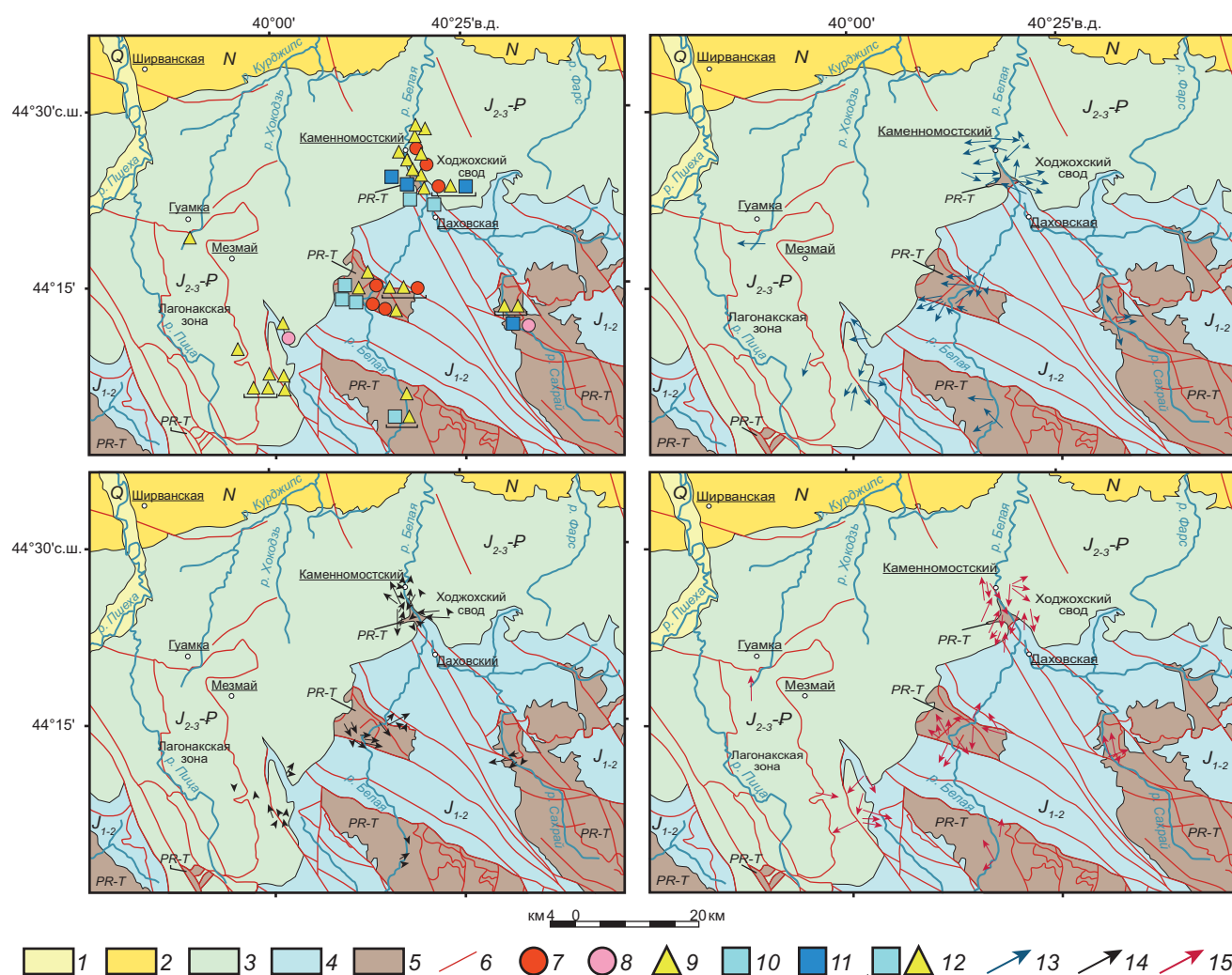


Рис. 10. Типы напряженного состояния и направления погружения осей главных напряжений на Белореченском пересечении. 1–5 — комплексы отложений: 1 — квартал, 2 — неоген (Предкавказский краевой прогиб), 3 — верхнеальпийский комплекс (келловей–палеоген, Северо-Кавказская моноклинал), 4 — нижнеальпийский комплекс (нижняя–средняя юра, зона юрской прерывистой складчатости), 5 — доальпийские комплексы ядра Большого Кавказа; 6 — разрывные нарушения; 7–11 — типы напряженного состояния: 7 — горизонтального сжатия, 8 — горизонтального сжатия в сочетании со сдвигом, 9 — горизонтального сдвига, 10 — горизонтального растяжения в сочетании со сдвигом, 11 — горизонтального растяжения; 12 — точки с двумя и более типами напряженного состояния; 13–15 — ориентировка осей главных напряжений: 13 — минимального сжатия (растяжения), 14 — промежуточной, 15 — максимального сжатия

Милаковский Е.Е., Хаин В.Е. Геологическое строение Кавказа. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1963. 258 с.

Ненахов В.М., Жабин А.В., Никитин А.В., Бондаренко С.В. Внутреннее строение тектонической зоны северного обрамления Даховского кристаллического массива (Западный Кавказ) // Вестник ВГУ. Серия Геология. 2019. № 1. С. 5–14.

Несмеянов С.А. Инженерная геотектоника. М.: Наука, 2004. 780 с.

Несмеянов С.А., Измайлов Я.А. Тектонические деформации черноморских террас Кавказского побережья России. М., 1995. 239 с.

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

Расцветаев Л.М. Сдвиги и альпийская геодинамика Кавказского региона // Геодинамика Кавказа. М.: Наука, 1989. С. 106–111.

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

Расцветаев Л.М., Тверитинова Т.Ю., Бирман А.С. и др. Большой Кавказ: современная структура и альпийская геодинамика // Современное состояние наук о Земле: Матер. Международ. конф., посвященной памяти В.Е. Хаина. М.: Изд-во Геологического ф-та МГУ, 2011. С. 2240–2245.

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

Ребецкий Ю.Л., Сим Л.А., Маринин А.В. От зеркал скольжения к тектоническим напряжениям. Методы и алгоритмы. М.: Геос, 2017. 234 с.



Резников В.И. О роли поперечных разломов в локализации ртутного оруденения на Западном Кавказе // Докл. АН СССР. 1969. Т. 189, № 3. С. 605–608.

Резников В.И. Структурная позиция некоторых ртутных месторождений Западного Кавказа. Разведка и охрана недр. 1970. № 11. С. 10–13.

Трихунков Я.И., Бачманов Д.М., Гайдаленок О.В. и др. Новейшее горообразование в зоне сочленения структур Северо-Западного Кавказа и Керченско-Таманской области // Геотектоника. 2019. № 4. С. 78–96.

Трихунков Я.И., Гайдаленок О.В., Бачманов Д.М., Маринин А.В. Морфоструктура зоны сочленения Северо-

Западного Кавказа и Керченско-Таманской области // Геоморфология. № 4. 2018. С. 77–92.

Хаин В.Е., Афанасьев С.Л., Борукаев Ч.Б. и др. Основные черты структурно-фациальной зональности и тектонической истории Северо-Западного Кавказа (в связи с перспективами нефтегазоносности) // Геология Центрального и Западного Кавказа. М.: Гостоптехиздат, 1962. С. 5–47.

Шарданов А.Н. Западное Предкавказье // Геология СССР. Т. IX, Северный Кавказ. гл. Тектоника. М.: Недра, 1968. С. 584–590.

Статья поступила в редакцию 11.12.2023,  
одобрена после рецензирования 19.12.2023,  
принята к публикации 13.05.2024