

**ZONE-BLOCK TECTONICS AND ELEMENTS OF NEOTECTODYNAMICS OF THE SURKHANDARYA DEPRESSION (SOUTH UZBEKISTAN)****R.A. Umurzakov** ^{1✉}, **N.S. Frolova** ², **B.I. Ismadullaev** ³, **A. Khodjaev** ⁴¹Tashkent State Technical University, 2 Universitetskaya St, Tashkent 100095, Uzbekistan²Lomonosov Moscow State University, 1 Leninskie Gory, Moscow 119991, Russia³Institute of Geology and Exploration of Oil and Gas Fields, 64b Olimlar St, Tashkent 100164, Uzbekistan⁴University of Geological Sciences, 64 Olimlar St, Tashkent 100164, Uzbekistan

ABSTRACT. The paper presents the results of neotectonic and neotectodynamic studies of the Surkhandarya depression. The depression is a structure of post-platform orogeny, characterized by the imposition of tectonic movements and deformations of different genesis. Taking into account the new geological and geophysical data, cartographic models have been made for fault-block tectonics, neostructure, and neotectonic zoning.

The study area, spanning from the northwest to the southeast, shows the second-rank northeast-striking overthrust reverse step-like fault zones: Kugitang-Baysun and Kelif-Sherabad-Sarygamysh-Surkhantau, with the fault plane dipping northwest. There have been identified third-rank northwest-striking transverse fault zones. Among them are fault zones along the Sangardak – Kyzyljar – Denau – Zarkosa, Akkapchigai – North Dasmanaga, Urgilaisai, and Sherabad – Dzharkurgan lines. They are the boundaries of uplifts (Kaymazar-Dalvarzin, Uchkyzyl) and adjacent depressions. There have been noted the left-lateral northwest-striking and right-lateral northeast-striking shears. They are clearly defined along the relative displacement of the Cenozoic outcrop ridges (Kelif-Sherabad-Sarykamysh, Babatag mountain ranges).

Two second-rank regional stress fields were obtained for the study area. The first is characterized by the northwest (southeast) orientation of the compressive principal normal stress axis (σ_3), with the southwest (northeast) direction of the extension axis (σ_1) and the subvertical direction of the intermediate axis (σ_2). This stress field is characteristic of the uplifts of the southwestern spurs of the Gissar Range and the piedmont Surkhandarya depression. The second stress field, within the Baysun basin and the Surkhandarya depression, is characterized by a sublatitudinal subhorizontal compressive stress axis (σ_3) and a submeridional orientation of the extension axis (σ_1), with a subvertical direction of the intermediate axis (σ_2). This stress field determines the deformations of the MZ-KZ cover, forming shear zones, and the structural paragenesis accompanying this dynamic environment. The analysis shows that the involvement in the process of uplift occurs during the rapid rise of the western and northwestern anticlinal folds with their rising centers moving from west to east.

KEYWORDS: neotectonics; faults; neotectonic zoning; tectodynamics; stress fields**FUNDING:** Not specified.**RESEARCH ARTICLE****Correspondence:** Rakhimjan A. Umurzakov, umrah@mail.ru

Received: May 31, 2025

Revised: August 26, 2025

Accepted: September 12, 2025

FOR CITATION: Umurzakov R.A., Frolova N.S., Ismadullaev B.I., Khodjaev A., 2025. Zone-Block Tectonics and Elements of Neotectodynamics of the Surkhandarya Depression (South Uzbekistan). *Geodynamics & Tectonophysics* 16 (6), 0864. doi:10.5800/GT-2025-16-6-0864

ЗОННО-БЛОКОВАЯ ТЕКТОНИКА И ЭЛЕМЕНТЫ НОВЕЙШЕЙ ТЕКТОДИНАМИКИ СУРХАНДАРЬИНСКОЙ ДЕПРЕССИИ (ЮЖНЫЙ УЗБЕКИСТАН)

Р.А. Умурзаков¹, Н.С. Фролова², Б.И. Исмадуллаев³, А. Ходжаев⁴

¹ Ташкентский государственный технический университет им. Ислама Каримова, 100095, Ташкент, ул. Университетская, 2, Узбекистан

² Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, 119991, Москва, Ленинские горы, 1, Россия

³ Институт геологии и разведки нефтяных и газовых месторождений, 100164, Ташкент, ул. Олимлар, 64б, Узбекистан

⁴ Университет геологических наук, 100164, Ташкент, ул. Олимлар, 64, Узбекистан

АННОТАЦИЯ. В статье приводятся результаты исследований новейшей тектоники и тектодинамики Сурхандарьинской впадины. Впадина является структурой постплатформенного орогенеза, характеризуется наложением разнородных по генезису тектонических движений и деформаций. С учетом новых геолого-геофизических данных построены картографические модели разломно-блоковой тектоники, новейшей структуры и неотектонического районирования.

В пределах рассматриваемого региона в направлении с северо-запада на юго-восток выделяются зоны ступенчатых взбросо-надвигов северо-восточного простирания второго ранга: Кугитанг-Байсунская и Келиф-Шерабад-Сарыкамыш-Сурхантауская с падением сместителя на северо-запад. Выделены зоны поперечных разрывов северо-западного простирания 3-го ранга. К ним относятся зоны разрывных нарушений вдоль линий Сангардак – Кызылджар – Денау – Заркоса, Аккапчигай – Северный Дасманага, Ургилисай, Шерабад – Джаркурган. Они являются границами поднятий (Каймазар-Дальварзинское, Учкызылское) и сопряженных с ними впадин. Отмечены левосторонние сдвиги северо-западного и правосторонние сдвиги северо-восточного простирания. Они выражены по относительному смещению гребней выходов кайнозойских отложений (Келиф-Шерабад-Сарыкамышской, Бабатагской горных цепей).

Для исследуемой территории получено два региональных поля напряжений 2-го ранга. Первое характеризуется северо-западной (юго-восточной) ориентировкой оси главного нормального напряжения сжатия (σ_3) при юго-западном (северо-восточном) положении оси растяжения (σ_1) и субвертикальном положении промежуточной оси (σ_2). Это поле напряжений характерно для поднятий юго-западных отрогов Гиссара и предгорных районов Сурхандарьинской впадины. Второе поле напряжений, в пределах Байсунской котловины и Сурхандарьинской впадины, характеризуется субширотной субгоризонтальной осью напряжения сжатия (σ_3), субмеридиональной ориентировкой оси растяжения (σ_1) при субвертикальном положении промежуточной оси (σ_2). Это поле напряжений определяет деформации мезокайнозойского чехла, образуя сдвиговые зоны, а также сопутствующие этой динамической обстановке структурные парагенезы. Анализ показывает, что процесс вовлечения в поднятия происходит при активном воздымании западных и северо-западных антиклинальных складок с перемещением их центров воздыманий с запада на восток.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: новейшая тектоника; разрывные нарушения; неотектоническое районирование; тектодинамика; поля напряжений

ФИНАНСИРОВАНИЕ: Не указано.

1. ВВЕДЕНИЕ

Сурхандарьинская депрессия расположена на юге Республики Узбекистан, на северо-западе граничит с горными поднятиями Юго-Западного Гиссара: Кугитангтау, Байсунтау и Сурхантау с абсолютными отметками 1600–2100 м. На севере впадина примыкает к южному склону Гиссарского хребта, в восточной части граничит с линейно вытянутым в северо-восточном направлении Бабатагским поднятием (абсолютные отметки 1900–2200 м). На юге впадина ограничивается р. Амударья (рис. 1).

Основными геоморфологическими элементами Сурхандарьинской впадины являются: цепочка горных поднятий северо-восточного простирания (Келиф-Са-

рыкамышская гряда с абсолютными отметками от 980 до 1210 м), Сурханская впадина и на востоке – Бабатагское поднятие.

Описываемая территория является северо-западной частью Афгано-Таджикской депрессии (АТД), которая в северо-восточном направлении, постепенно сужаясь, отделяет горные сооружения Южного Тянь-Шаня от отрогов Памира (рис. 1). Выявленные авторами статьи неизвестные ранее элементы новейшей разрывной тектоники региона свидетельствуют о ее зонно-блоковой структуре. Постановка проблемных вопросов «зонного орогенеза» применительно к Гиссаро-Алаю и Памиру была известна еще из работ [Kuchay, 1981, 1983]. В работе [Seminsky et al., 2013] отмечено, что одним из

эффективных подходов к исследованию зонно-блоковой структуры литосферы является разномасштабное геолого-геофизическое изучение тектонотипов межблоковых зон, что позволит выделить наиболее общие закономерности их строения, развития и взаимоотношений друг с другом. Большинство исследователей изучаемая территория рассматривалась в составе АДТ, северо-западную часть которой она занимает.

Особенности новейшей тектоники исследуемой территории, а также отдельных впадин Таджикистана с раз-

ных точек зрения были рассмотрены в работах [Kukhtikov, 1968; Zakharov, 1969; Reyman et al., 1969; Chediya, 1972; Babaev, 1975; Babaev, Liskov, 2014; Tadjibekov, 1990; Tadjibekov, Radjabov, 2003; и др.]. В них обсуждались различные аспекты проявления новейших деформаций и тенденция их развития.

В строении мезозойско-кайнозойского покрова Сурхандарьинской впадины на основе «геодинамического районирования» А.А. Абидов с коллегами выделяют систему наклонных разрывных нарушений [Abidov

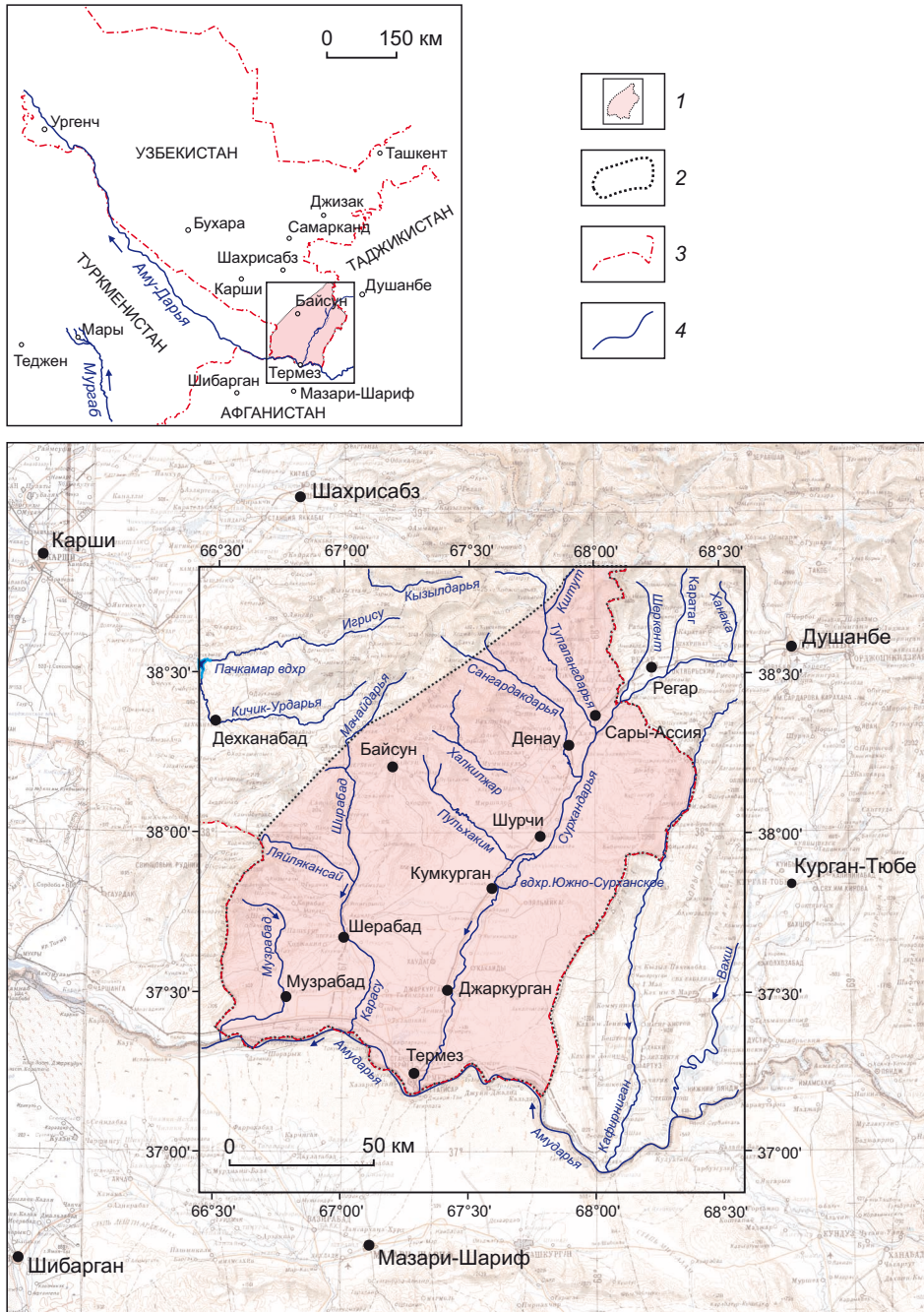


Рис. 1. Обзорная карта-схема исследуемой территории. 1 – площадь исследований – положение Сурхандарьинской депрессии; 2 – границы площади исследований; 3 – государственные границы; 4 – реки.

Fig. 1. Overview map of the study area. 1 – study area – the location of the Surkhandarya depression; 2 – study area boundaries; 3 – state borders; 4 – rivers.

et al., 2001a, 2001b], имеющих в основном северо-западное падение.

В пределах Сурхандарьинской впадины практически все исследователи приводят описание складчатых (и складчато-блоковых) структурных образований только северо-восточной ориентировки. Следует отметить также, что все предыдущие построения имели мелкомасштабный характер (1:1000000 и 1:500000). В настоящее время по данной территории накопились данные по бурению и геофизическим исследованиям, позволившие по-новому взглянуть на ее строение и особенности неотектонического развития.

Перед авторами данной статьи стояла задача обобщения материалов по новейшей тектонике, получения данных по новейшей тектодинамике региона, описания результатов тектонофизического анализа элементов кинематики и динамики региона, составления новой карты неотектонического районирования, отражающей элементы зонно-блоковой структуры исследуемого региона.

2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

В работе были использованы опубликованные и фондовые материалы по скважинам (~450), геофизическим исследованиям, выполненным различными подразделениями геологических и геофизических учреждений и ведомств Узбекистана, а также материалы личных исследований авторов. Они составили информационную основу при построении карт мощностей неоген-четвертичных отложений, неотектонического районирования, составлении карт новейших разрывных нарушений [Yuryev, 1986; Atabaev, 2009; Kukhtikov, 1968]. В качестве геологической основы использованы геологические карты масштаба 1:200000, 1:100000, на отдельных участках 1:50000 и др. В пределах исследуемой территории проводились полевые тектонофизические наблюдения по изучению особенностей деформации, характера проявления трещиноватости и разрывных элементов разных порядков, кинематических данных структур разрушения. Реконструкции полей напряжений осуществлены на основе методики статистического анализа трещиноватости [Nikolaev, 1992; Umurzakov, 2010], кинематического метода реконструкций [Gushchenko, 1982; Rebetsky et al., 2017]. Также использованы методы изучения структуры разломных зон [Sherman, 2012; Seminsky et al., 2023; Cheremnykh, Dekabryov, 2023; и др.].

3. ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И ЭЛЕМЕНТЫ НОВЕЙШЕЙ РАЗЛОМНО-БЛОКОВОЙ ТЕКТониКИ

В геологическом строении исследуемой территории принимают участие образования докембрия, палеозоя, мезозоя и кайнозоя. Докембрийские образования (гнейсы, гранитогнейсы, амфиболиты, сланцы, кварциты) слагают кристаллический фундамент (нижний структурный ярус) древней платформы, несогласно перекрывающий их осадочные породы палеозоя (верхний структурный ярус), представлены кварцитами, мета-

морфизованными известняками, сланцами, филлитами, песчаниками, гранитоидами, эффузивами. На них со стратиграфическим несогласием залегают триасовые и юрские (известняки, ракушечники, мергели, глины, ангидриты, соли), выше – меловые отложения (глины, песчаники, известняки) мезозоя.

Образования кайнозойской эратемы расчленены на палеогеновые, неогеновые и плейстоценовые системы. Отложения палеогеновой системы подразделяются на ярусы: палеоценовый (бухарский слой), эоценовый (сузакские, алайские, туркестанские, риштанские, иффаринские и ханабадские слои) и олигоценовый (сумсарские слои). В конце олигоцена и низах миоцена выделена бальджуанская свита, которая согласно залегает на сумсарских слоях и представлена толщей кирпично-красных, бурых мелкозернистых загипсованных песчаников. Они переслаиваются с коричневатокрасными глинами и алевролитами. Эта свита перекрывается толщей серых крупнозернистых песчаников, которая представляет начало хингоуской-тавильдаринской свиты миоцена, мощностью 430 м (скв. 180, Джейранхана). Выше по разрезу на них с размывом залегают отложения каранакской свиты плиоцена. Они представлены светло-бурными алевролитами, песчанистыми глинами с прослоями песчаников. По простиранию заменяются гравелитами и конгломератами. Четвертичные отложения представлены светло-бурными, буровато-красными песчаниками, песками, глинами, алевролитами и конгломератами, их мощность от 0 до 300 м. На большей части территории они залегают на подстилающих отложениях с размывом [Chediya, 1972].

На рис. 2, а, представлена карта-схема новейших разломов, на которой отображены разрывные нарушения 2-, 3- и 4-го ранга. Ранжирование разломов осуществлено исходя из опыта тектодинамического анализа западной части Тянь-Шаня на основе изучения зависимости расстояний между разрывами от их длины [Umurzakov, 2007]. В качестве региональных разломов первого ранга принимаются крупнейшие разломы, контролирующие главнейшие структурные элементы Южного и Западного Тянь-Шаня (рис. 2, б; Бухаро-Гиссарский, Западно-Тянь-Шаньский). Ко 2-му рангу отнесены разломы, контролирующие крупные поднятия и впадины (например, юго-западные отроги Гиссара, Сурхандарьинская впадина), 3- и 4-му рангу – разрывные нарушения, развитые внутри отмеченных крупных поднятий и впадин.

Почти все разрывные нарушения 2–4-го ранга по простиранию группируются в двух направлениях: северо-восточные – от 30° (210°) до 40° (220°) и северо-западные – от 130° (310°) до 140° (320°) (рис. 2, в). Региональными разрывными нарушениями 2-го ранга являются Кугитанг-Байсунский (рис. 2, уч. 1), в который объединены Кугитанский (1-1) и Байсунский (1-2) участки. Разломная зона выражена взбросо-надвиговой системой с наклоном поверхности сместителя на северо-запад под углом 60–70°. К такой же группе относится и

зона Келиф-Шерабад-Сарыкамыш-Сурхантауская регионального разлома, в который объединены отдельные участки с соответствующими названиями (рис. 2, уч. 2-1, 2-2, 2-3, 2-4). Зона разлома представлена в виде системы взбросов и надвигов с падением сместителя на северо-запад (с углами 60–70°). Эти разломы отме-

чены на геологических картах в виде тектонических контактов разновозрастных отложений.

В юго-восточной части территории выделяется Актауский (3) и Северо-Бабатагский (4) разломы северо-восточного простирания. Поверхность сместителя Актауского разлома падает на северо-запад, тогда как

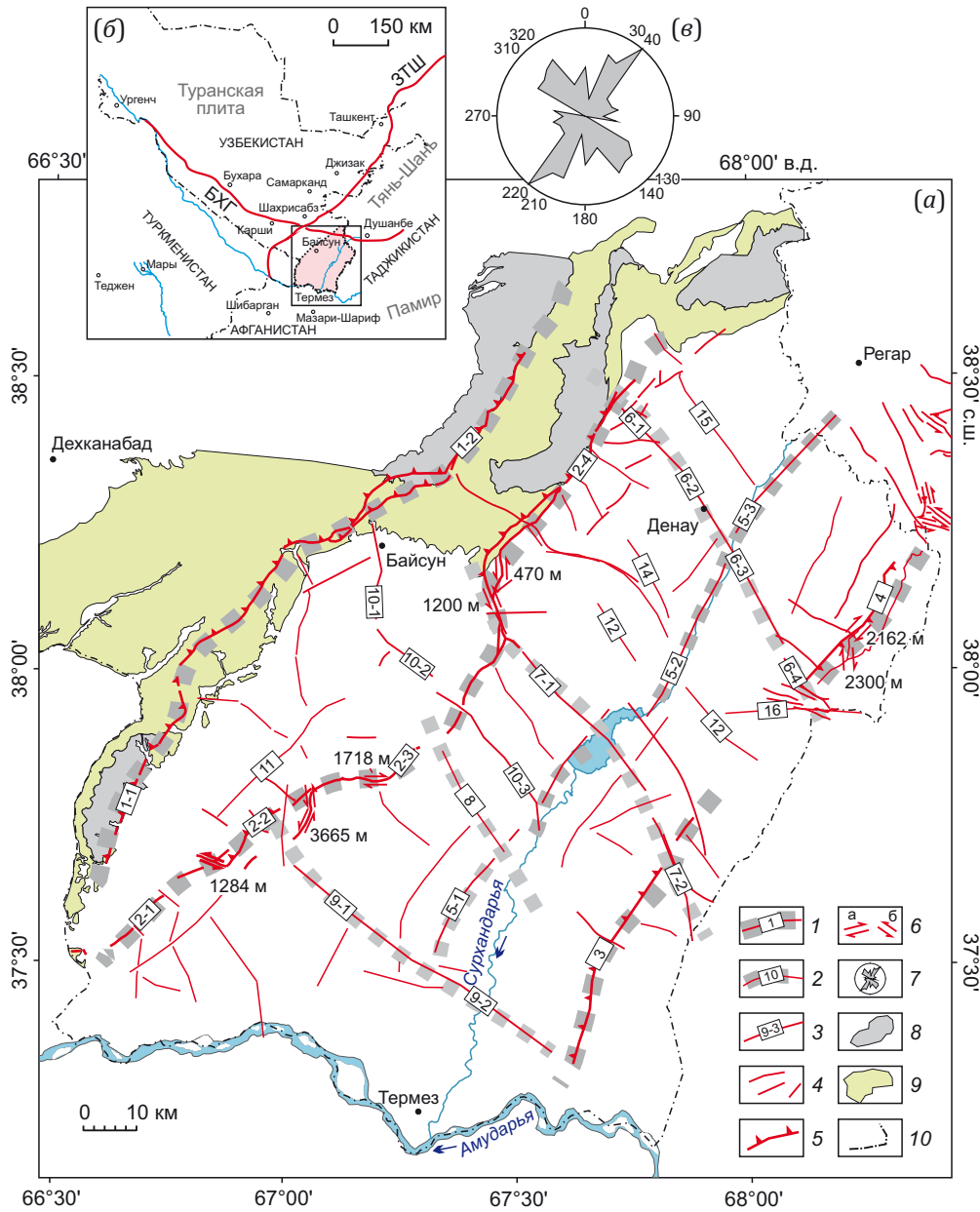


Рис. 2. Схема основных новейших разрывных нарушений Байсун-Сурхандарьинского региона. (а) – разрывные нарушения разных рангов (цифрами в прямоугольниках обозначены номера участков): 1 – второго, 2 – третьего, 3 – четвертого, 4 – локального значения; 5 – взбросы; 6 – локальные сдвиговые смещения: а – правосторонние, б – левосторонние; 7 – роза простирания разрывных нарушений. Выходы на поверхность образований: 8 – домезозойские, 9 – допалеогеновые; 10 – государственная граница; (б) – мелкомасштабная врезка положения главнейших разломов, отнесенных к первому рангу: ЗТШ – Западно-Тяньшаньский, БХГ – Бухаро-Гиссарский (остальные обозначения см. на рис. 1); (е) – простирание разрывных нарушений (представлены на схеме (а)).

Fig. 2. A scheme of the main neotectonic faults of the Baysun-Surkhandarya region. (a) – different-rank faults (the numbers in the rectangles indicate the segment names): 1 – second-rank, 2 – third-rank, 3 – fourth-rank, 4 – local-rank, 5 – reverse faults, 6 – local shear motions: a – dextral, б – sinistral; 7 – rose diagram of fault strike. Outcrops: 8 – pre-Meozoic, 9 – pre-Paleogene; 10 – state border; (б) – an inset of the first-rank main faults: ЗТШ – Western Tien Shan, БХГ – Bukhara-Gissar (see Fig. 1 for other designations); (е) – fault strike (shown in scheme (a)).

поверхность сместителя Северо-Бабатагского имеет падение на юго-восток.

Вдоль центральной части Сурхандарьинской впадины в северо-восточном направлении протягиваются объединяемые в единую зону участки разломов 3-го ранга: Хаудаг (5-1) – Шурчи (5-2) – Чинорского (5-3).

Большинство исследователей ограничиваются описанием лишь продольных по отношению к впадине региональных разломов северо-восточной ориентировки. В научной литературе сведения о поперечных дизъюнктивных нарушениях отсутствуют. В фондовых

материалах АО «Узбекгеофизика» встречается лишь предположение о наличии диагонального северо-западного разлома правосдвигового характера. Проведенный авторами анализ не выявил явных признаков такой сдвиговой структуры.

К поперечным разрывным нарушениям 3-го ранга отнесены Сангардак (6-1) – Кызылджар (6-2) – Денау (6-3) – Заркоса (6-4), Аккапчигай (7-1) – Северный Дасманага (7-2), Ургилисай (8), Шерабад (9-1) – Джаркурган (9-2). Кроме того, выделяются разрывные нарушения 4-го ранга – Алакутан (10-1) – Кофрун (10-2) – Джалаир

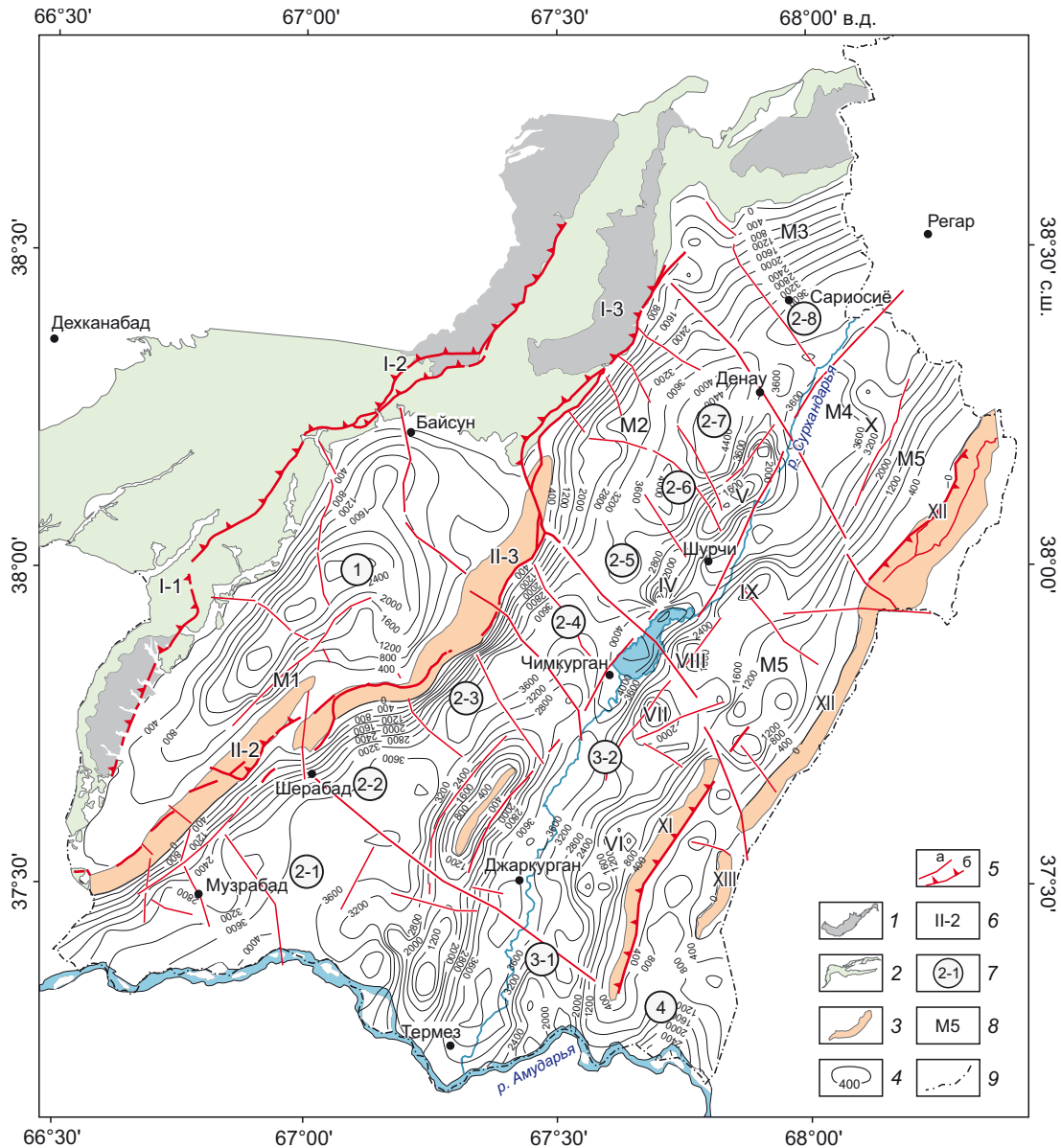


Рис. 3. Схематическая карта мощности неоген-четвертичных отложений Сурхандарьинской впадины. Выходы на поверхность стратифицированных образований (составлена Р.А. Умурзаковым, Б.И. Исмадулаевым): 1 – домезозойские, 2 – мезозойские, 3 – донеогеновые отложения; 4 – изопакхиты неоген-четвертичных отложений (в метрах); 5 – разрывные нарушения; 6–8 – морфоструктуры (рис. 5); 6 – 2-го (условно) ранга, 7 – 3 и 4-го ранга, 8 – моноклинали; 9 – государственная граница.

Fig. 3. Schematic map of the thickness of the Neogene-Quaternary deposits in the Surkhandarya depression. Outcropping strata (compiled by R.A. Umurzakov and B.I. Ismadullaev): 1 – pre-Mesozoic, 2 – Mesozoic, 3 – pre-Neogene deposits; 4 – isopachytes of NQ deposits (in meters); 5 – faults; 6–8 – morphostructures (Fig. 5): 6 – conditionally second-rank, 7 – third- and fourth-rank, 8 – morphostructures; 9 – state border.

(10-3), Игарчи (11), Чакар (12), Южный Откамар (13), Вахшивар (14), Сарыюсиё (15), Откамар (16). Разрывные нарушения 3- и 4-го ранга имеют небольшую протяженность, выражены на структурных картах кровли опорных горизонтов палеогеновых образований [Ruziyev, 2010; Ruziev S.T., Ruziev T.K., 2011] (по материалам геофизических наблюдений).

На рис. 3 приводится схематическая карта мощностей неоген-четвертичных отложений, на которой отчетливо видна дифференциация впадин и поднятий. При общей северо-восточной ориентировке поднятий и опусканий отдельные участки разбиваются поперечными разрывными нарушениями, придавая разрывно-блоковый характер структурному рисунку. Все отмеченные выше данные по разрывной тектонике и

мощности послужили основой для составления схемы неотектонического районирования (см. рис. 4).

4. СХЕМА НЕОТЕКТОНИЧЕСКОГО РАЙОНИРОВАНИЯ

На карте-схеме неотектонического районирования, помимо основных структур северо-восточного простираения, авторами впервые выделяются поперечные поднятия (Каймазар-Дальварзинское и Учкызылское), отделенные разрывными нарушениями и флексуно-разрывными зонами от небольших впадин (см. рис. 2, 3, 4). Они слабо выражены в рельефе в виде ступеней с абсолютными высотами, отличающимися от северо-восточных и юго-западных блоков. Отчетливо они выражены в разрезе по кровле палеогеновых и меловых отложений (рис. 6).

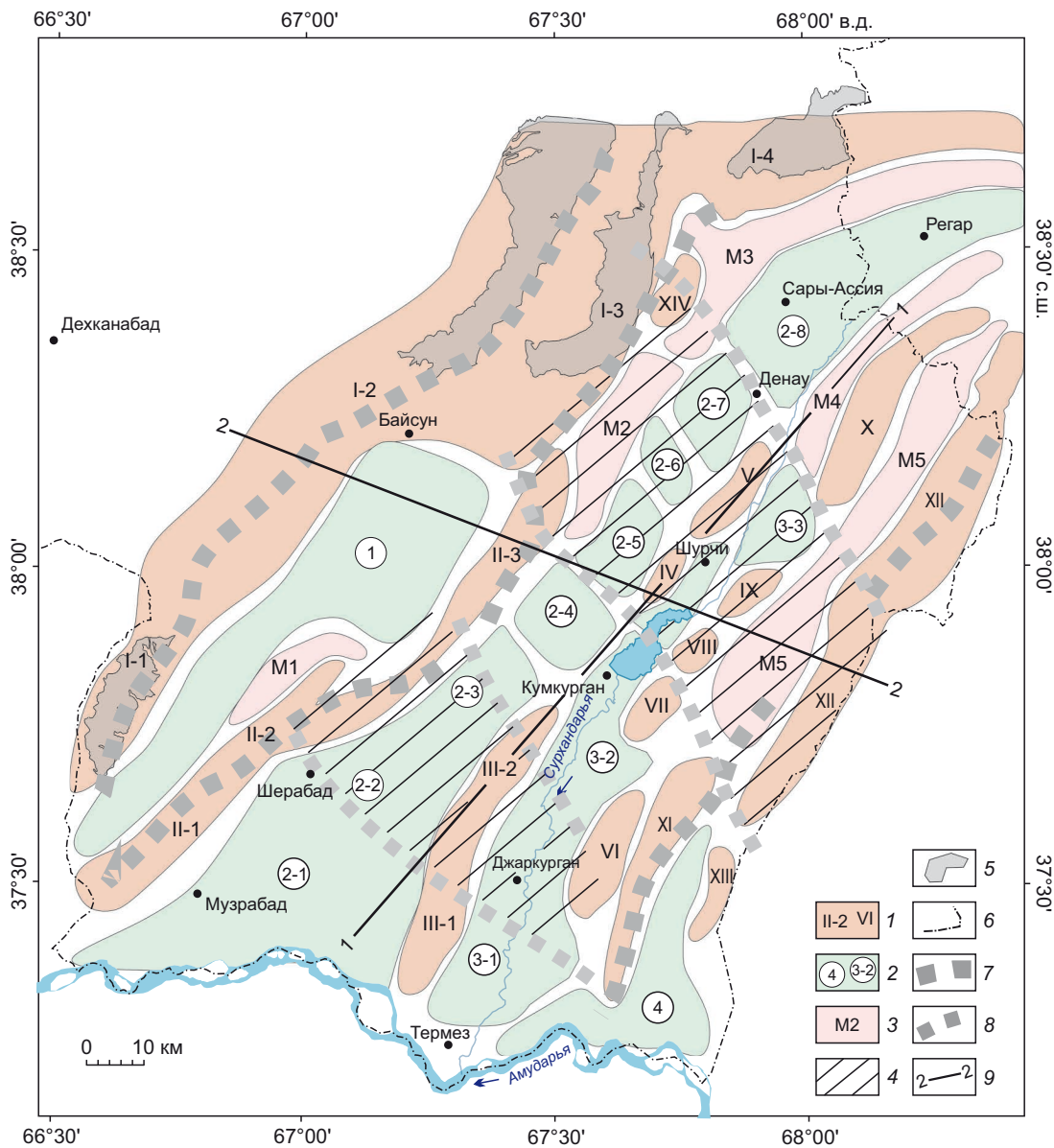


Рис. 4. Схема неотектонического районирования Сурхандарьинской впадины. 1 – относительные поднятия (I – Кугитанг-Байсун-Сурхантауское, II – Келиф-Шерабад-Сарыкамышское, III – Учкызыл-Хаудагское, IV – Коймазарское, V – Дальверзинское, VI – Турдыкульское, VII – Ляльмикарское, VIII – Хужамилкское, IX – Караултеинское, X – Аргамчинское, XI – Актауское, XII – Бабатагское, XIII – Досманагинское, XIV – Сангардакское); 2 – относительные

впадины – опускания: цифры в кружочках – 1 – Байсунская, 2 – Карасу-Шерабад-Шаргунское (2-1 – Карасуйское, 2-2 – Шерабадское, 2-3 – Кармакинское, 2-4 – Аткамарское, 2-5 – Аккапчигайское, 2-6 – Боташское, 2-7 – Денауское, 2-8 – Шаргунское), 3 – Джаркурган-Шурчи-Каныканская (3-1 – Джаркурганская, 3-2 – Шурчинская, 3-3 – Азад-Каныканская, 4 – Ойкуль-Тиветская); 3 – моноклинали (M1 – Лайлаканская, M2 – Шурчисой-Ойбарикская, M3 – Ойбарик-Иссикчашминская, M4 – Файзава-Карчалинская, M5 – Коштар-Тамчинская); 4 – зоны поперечных поднятий; 5 – выходы докембрийских образований; 6 – государственная граница; 7-8 – зоны основных региональных разломов: 7 – 2-го ранга, 8 – 3-го ранга; 9 – линии профилей.

Fig. 4. Neotectonic zoning scheme of the Surkhandarya depression.

1 – relative uplifts (I – Kugitang-Baysun-Surkhantau, II – Kelif-Sherabad-Sarykamysh, III – Uchkyzyl-Khaudag, IV – Koimazar, V – Dalverzin, VI – Turdykul, VII – Lyalmikar, VIII – Khuzhamilk, IX – Karaultepa, X – Argamchi, XI – Aktau, XII – Babatag, XIII – Dosmanaga, XIV – Sangardak); 2 – subsidence-related depressions: circled numbers – 1 – Baysun, 2 – Karasu-Sherabad-Shargun (2-1 – Karasu, 2-2 – Sherabad, 2-3 – Karmaki, 2-4 – Atkamar, 2-5 – Akkapchigay, 2-6 – Botash, 2-7 – Denau, 2-8 – Shargun), 3 – Dzharkurgan-Shurchi-Kanykan (3-1 – Dzharkurgan, 3-2 – Shurchi, 3-3 – Azad-Kanykan, 4 – Oykul-Tivet); 3 – monoclines (M1 – Lailakan, M2 – Shurchi-Oybarik, M3 – Oybarik-Issikchashma, M4 – Fayzava-Karchali, M5 – Koshtar-Tamchi); 4 – transverse uplift zones; 5 – pre-Mesozoic outcrops, 6 – state border; 7-8 – major regional fault zones: 7 – second-rank, 8 – third-rank; 9 – profile lines.

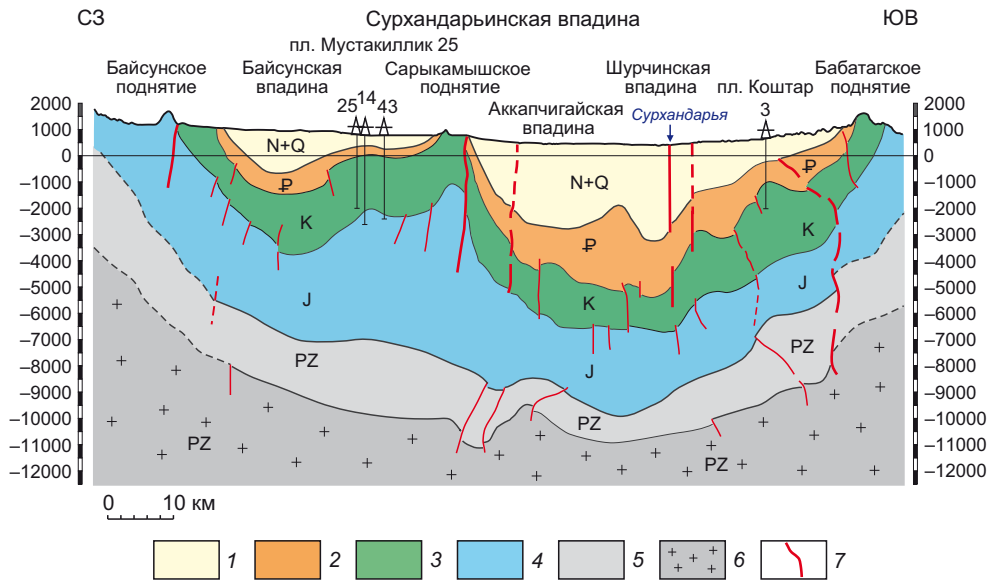


Рис. 5. Схематический геолого-структурный разрез по профилю 2-2.

1-6 – стратифицированные образования: 1 – неоген-четвертичные, 2 – палеогеновые, 3 – меловые, 4 – юрские, 5, 6 – палеозойские: 5 – осадочный покров, 6 – кристаллический фундамент; 7 – разрывные нарушения.

Fig. 5. Schematic geological and structural section along profile II-II.

1-6 – stratified formations: 1 – Neogene-Quaternary, 2 – Paleogene, 3 – Cretaceous, 4 – Jurassic, 5, 6 – Paleozoic: 5 – sedimentary cover, 6 – crystalline basement; 7 – faults.

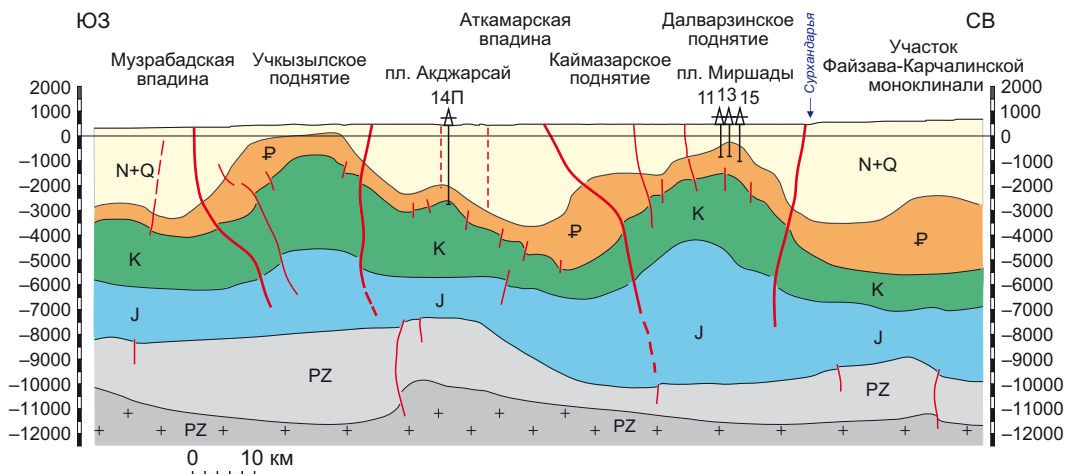


Рис. 6. Схематический геолого-структурный разрез по профилю 1-1 (условные обозначения те же, что на рис. 5).

Fig. 6. Schematic geological and structural section along profile 1-1 (symbols are the same as in Fig. 5).

Байсунская впадина с восточной стороны обрамляется Келиф-Шерабад-Сарыкамышским поднятием (см. рис. 4, 5), которое протягивается с юго-запада на северо-восток от горы Ходжаабдюш (1133 м) вдоль русла р. Шерабадсай до места слияния с Лайлякансаем. Сарыкамышский участок, изгибаясь к востоку, тянется в направлении горы Бешкыз, охватывает горный хребет Кагны (736 м), горные цепи хребта Такасақырт, Агатачагыл и далее протягивается до русла руч. Кайрагачсай. В пределах Сурхандарьинской впадины выделяются также еще две цепочки (или группы) вытянутых в северо-восточном направлении положительных структур-поднятий. К первой группе отнесены поднятия Учкызыл-Хаудаское, Коймазарское, Дальверзинское. Вторая группа – Турдыкульское, Ляльмикарское, Хужамилкское, Караултепинское, Аргамчинское. Обособленное положение занимает Актауское поднятие. В восточной части рассматриваемой территории расположено Бабатагское поднятие.

Карасу-Шерабад-Шаргунская (см. рис. 4) впадина, несмотря на ее раздробленность поперечными разрывными нарушениями, представляет основную осевую часть Сурхандарьинской депрессии.

С юго-востока Джаркурган-Шурчи-Каныканскую впадину ограничивает группа поднятий – Турдыкульское, Ляльмикарское, Хужамилкское, Караултепинское, Аргамчинское. Между этой группой и более крупным Бабатагским поднятием наблюдается не впадина, а моноклиналь (Коштар-Тамчинская) – как крупное крыло антиклинальной складки. Азад-Каныканская впадина отделяет (в торцевых частях) Караултепинское и Аргамчинское поднятия и примыкает в восточной части к Коштар-Тамчинской моноклинали. В разрезе (рис. 6) отчетливо проявлены поперечные складчато-блоковые поднятия, выраженные в мезозойско-кайнозойских отложениях.

5. ПОЛЯ НАПРЯЖЕНИЙ И ЭЛЕМЕНТЫ НОВЕЙШЕЙ ТЕКТОДИНАМИКИ

Реконструкции полей напряжений были выполнены по данным статистических замеров (около 2600) трещин по методике П.Н. Николаева [Nikolaev, 1992] и

кинематическим данным (около 120 замеров) по зеркалам скольжения по методике О.И. Гущенко [Gushchenko, 1982]. Исследованиями были охвачены юго-западные отроги Гиссара, отдельные площади Сурхандарьинской впадины, прибортовые склоны Гиссара, включая долину Туполангдарьи, район Каратага. Обработка данных замеров проводилась в несколько этапов: по сводным данным для всего региона юго-западных отрогов Гиссара и Сурхандарьинской впадины, по сводным данным для крупных структурных единиц, а также отдельных поднятий и прогибов региона. Отдельные результаты были представлены к обсуждению в работе [Umurzakov, 2024].

Непосредственно в пределах Сурхандарьинской впадины, помимо указанных на схеме разрывных нарушений элементов взбросов, отмечены локальные участки сдвиговых смещений. Они показаны на рис. 3 на отдельных участках территории. Большая их часть выражена в геологических материалах по смещениям стратифицированных горизонтов кайнозоя, часть выявлена на основе структурно-геоморфологического анализа. Эти локальные сдвиги выражены по смещению гребней известняков палеогена, находящихся в контакте с песчано-алевролитовой толщей неогена в пределах Келиф-Шерабад-Сарыкамышского, Бабатагского поднятий. Вполне возможно, что эти разрывы затрагивают верхнюю часть осадочного покрова и относительно неглубокого заложения [Rebetsky, Mikhailova, 2014]. В целом левосдвиговые смещения по мере встречаемости значительно преобладают над правосдвиговыми. На рис. 7 приводятся роза-диаграммы простираний левосторонних (рис. 7, а) и правосторонних (рис. 7, б) сдвигов Сурхандарьинской впадины.

Как видно, по простиранию левые сдвиги преобладают в северо-западных румбах (320°, 140°). Небольшая их часть имеет меридиональное простирание (0°, 180°). Правые сдвиги имеют в основном северо-восточное простирание (40°, 220°), при небольшом числе субмеридиональных (348°, 148°; 0°, 180°). Наблюдается сходство роза-диаграммы простирания разрывных нарушений (см. рис. 2) и обобщенной роза-диаграммы локальных сдвигов (рис. 7, в). Такая кинематика зон

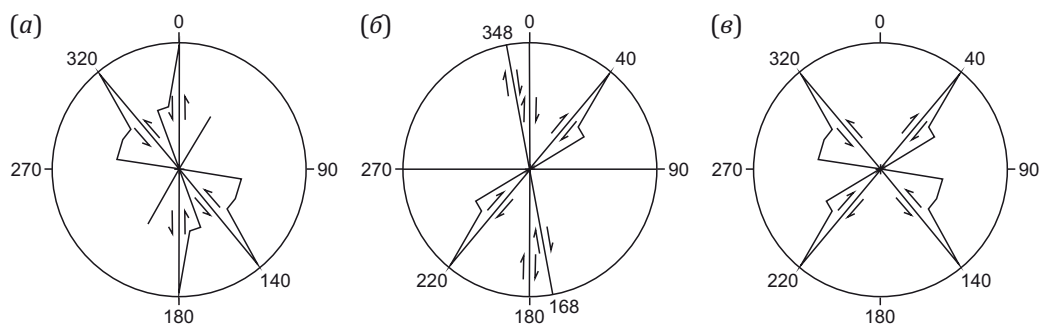


Рис. 7. Роза-диаграммы локальных сдвигов: (а) – левосторонние, (б) – правосторонние, (в) – обобщенная сводная роза-диаграмма простирания сдвиговых разрывов (здесь небольшое число субмеридиональных сдвигов не показано).

Fig. 7. Rose diagrams of local shears: (a) – sinistral, (b) – dextral, (c) – generalized rose diagram of shear fault strikes (scarce submeridional shears are not shown here).

разломов свидетельствует о проявлении субширотной ориентации оси главного нормального напряжения сжатия при субмеридиональной оси растяжения и близ-вертикальной ориентировке промежуточной оси.

Анализ полученных результатов реконструкций позволил выявить, что для изучаемого региона характерны два поля региональных напряжений 2-го ранга (первый ранг соответствует региону западной части Тянь-Шаня и здесь специально не рассматривается). Первое преимущественно отмечается в пределах поднятий юго-западных отрогов Гиссара и предгорных районах Сурхандарьинской впадины. Оно характери-

зуется северо-западной (юго-восточной) ориентировкой оси главного нормального напряжения сжатия (σ_3) при юго-западном (северо-восточном) положении оси напряжения растяжения (σ_1) и субвертикальном положении промежуточной оси (рис. 8, диаграмма А). Другой тип поля напряжений 2-го ранга отмечается в пределах Байсунской котловины и Сурхандарьинской впадины. Поле напряжений здесь характеризуется субширотной субгоризонтальной (с небольшим наклоном) осью напряжения сжатия (σ_3) субмеридиональной ориентировкой оси растяжения (σ_1) при субвертикальном положении промежуточной оси (рис. 8, диаграмма Б).

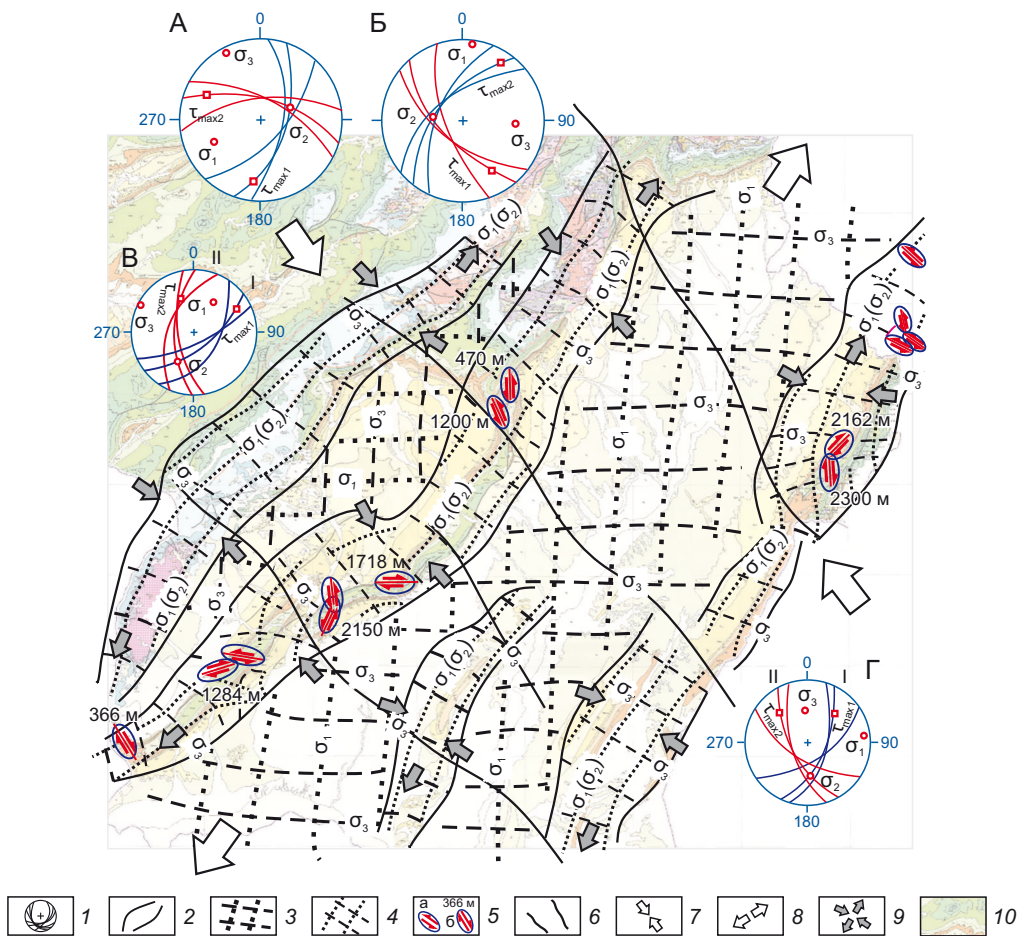


Рис. 8. Схема проявления позднекайнозойских полей тектонических напряжений Юго-Западного Гиссара и Сурхандарьинской впадины (составил Р.А. Умурзаков).

1 – круговые стереографические проекции осей главных нормальных и касательных напряжений: А – 2-го ранга для поднятий, Б – для впадин, В – 3-го ранга для поднятий, Г – 3-го ранга для впадин: σ_1 – растяжения, σ_2 – промежуточной, σ_3 – сжатия; 2 – границы площадей локальных напряжений третьего ранга. Траектории осей главных нормальных напряжений: 3 – 2-го ранга, 4 – 3-го ранга, 5 – установленные по геологическим и морфологическим данным сдвиговые смещения: а – левосторонние, б – правосторонние; 6 – границы поперечной разломно-блоковой зональности; 7–8 – направления действия внешнеприложенных усилий второго ранга: 7 – сжатия, 8 – растяжения; 9 – направления действия внешнеприложенных усилий 3-го ранга; 10 – геологическая основа (фрагмент геологической карты масштаба 1:200000).

Fig. 8. Late Cenozoic tectonic stress fields of the South-West Gissar and Surkhandaarya depression (compiled by R. A. Umurzakov).

1 – circular stereographic projections of the axes of the principal normal and tangential stresses: А – second-rank for uplifts, Б – second-rank for depressions; В – third-rank for uplifts, Г – third-rank for depressions: σ_1 – extensional, σ_2 – intermediate, σ_3 – compressional; 2 – boundaries of the third-rank local stress areas. Trajectories of the axes of the principal normal stresses: 3 – second-rank, 4 – third-rank, 5 – shear motions identified based on the geological and morphological data: а – left-lateral, б – right-lateral; 6 – boundaries of transverse fault-block zoning; 7–8 – direction of the second-rank external applied force: 7 – compression, 8 – extension; 9 – direction of the third-rank external applied force; 10 – geological basis (a fragment of the 1:200000 scale geological map).

По нашему мнению, отмеченные выше левые и правые сдвиговые смещения локального характера связаны именно с этим полем напряжений.

Формирование относительно узких складчато-блоковых структур северо-восточной ориентировки (продольные), какими являются Келиф-Шерабад-Сарыкамышское, Учкызыл-Хаудагское, Коймазарское, Дальверзинское, Турдыкульское, Ляльмикарское, Хужамилкское, Караултепинское, Аргамчинское, Актауское, Бабатагское, Досманагинское, Сангардакское поднятия, вероятно, следует связывать с суммарным влиянием полей напряжений разных рангов. По сводным данным для поднятий получено поле напряжений, изображенное на рис. 8 (диаграмма В). Совместный анализ с данными по морфологии поверхности палеозойского основания свидетельствует о том, что не все поднятия связаны с подвижками фундамента. Следует также отметить, что нет очевидной связи формирования поперечных элементов (относительных поднятий и опусканий) с отмеченными полями напряжений 2-го ранга.

И хотя разрывные нарушения, ограничивающие их, были отнесены нами к третьему рангу, можно предполагать обусловленность их формирования напряжениями более низших рангов. На эту мысль наталкивает анализ особенностей их пространственного положения с прослеживанием их элементов на северо-запад, в пределах поднятий юго-западных отрогов Гиссара, с образованием ступеней в рельефе. Тем не менее отмеченные на рис. 8 границы продольной и поперечной зональности являются границами площадей с различным напряженно-деформированным состоянием и могут быть выделены в качестве самостоятельных элементов структурно-динамического районирования территории.

6. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

В работе [Zakharov, 1969] отмечается, что складки, обусловившие формирование хребтов-поднятий, не развивались однозначно на всем современном их протяжении. Об этом свидетельствуют русла антецедентных долин, прорезающие Кугитанг в юго-западном направлении. Зародышевый участок воздымания был расположен в северной части поднятия [Zakharov, 1969]. Ляйляканское ущелье прорезает поднятие Кугитанг и имеет типичный характер антецедентной долины. Долины Кофрун и Аккапчигай, которые начинаются в Байсунской котловине, прорезают Шерабад-Сарыкамышскую гряду. Саи Халкоджар и Хондиза, беря начало в юго-восточных склонах Байсунтау, прорезают хребет Сурхантау. Река Сангардак берет начало на юго-востоке хребта Чакчар, прорезает хребет Байсунтау и далее Сурхантау, свидетельствуя о том, что «восточные складки начали интенсивно развиваться позднее своих юго-западных соседок» [Zakharov, 1969, с. 8]. Это обстоятельство говорит об активном воздымании в новейшее время западных и северо-западных антиклинальных складок.

Полученные результаты показывают, что в пределах исследуемого региона как по материалам скважин, так и по геофизическим данным падение поворачиваемости сместителей разломов не всегда соответствует наклонам, отмеченным в работах [Abidov et al., 2001a, 2001b]. И хотя здесь действительно имеет место «боковое давление», соответствующее этому условию, восстановленное поле напряжений второго ранга с субширотным сжатием и субмеридиональным растяжением, имеющее характер сдвигового поля, не может обеспечить формирование складчатых структур региона. Здесь важно исследовать генезис (происхождение) «бокового давления» с определением «энергетических источников» [Lustikh, 1957; Goncharov, 1999; Nikolaev, 2002; Tyapkin, Dovbnich, 2007, 2009]. Можно делать предположение о происхождении таких деформаций при суммарном воздействии разноранговых составляющих полей напряжений.

В.К. Кучай, описывая особенности формирования внутренней структуры орогенных областей (в том числе и Южного Тянь-Шаня), отмечал зональное, поэтапное вовлечение в процесс поднятия периферических частей тектонических депрессий [Kuchay, 1981]. Анализ показывает, что этот процесс вовлечения в поднятия периферических участков впадин происходит при общем воздымании территории. Процесс вовлечения в поднятие северо-западного борта Сурхандарьинской впадины происходит с запада на восток. Наблюдается наложение все более расширяющихся по площади деформаций более высоких рангов прибортовой части на низшие, которые имеют распространение по всей исследуемой территории.

Разрывные нарушения изучаемой территории, равно как и складчато-блоковые элементы, представлены разноранговыми составляющими. В последнее десятилетие бурно обсуждаются результаты специального картирования разломных зон, представленных в виде иерархии различных рангов [Seminsky et al., 2023; Cheremnykh, 2018]. Исследованиями С.И. Шермана с учениками доказано, что зонно-блоковая делимость литосферы является закономерным выражением ее деструкции, которая хотя и развивается дискретно, но осуществляется упорядоченно. При этом система блоков образует закономерно изменяющийся иерархический ряд с характерными масштабными размерами, определяющими их ранг [Sherman, Seminsky, 2010]. В работе [Cheremnykh, 2018] в результате рангового анализа, выполненного в рамках специального картирования разломных зон, для разновозрастных комплексов горных пород выявлено не одно, а три поля регионального уровня, одно из которых – древнее (докайнозойское), два более молодые (кайнозойские) поля растяжения с различной ориентировкой осей. В работе [Seminsky et al., 2023] было показано, что зонно-блоковая структура геологической среды может иметь место на разных иерархических уровнях ее организации, где роль межблоковых зон выполняют разломы. При этом, как отмечено в работах [Sherman,

2012; Seminsky et al., 2013], было бы не совсем правильно представлять разломы в виде некоторой узкой зоны магистрального разрыва. Эта зона представляется в виде трехчленной зональности, определяемой стадиями развития разлома [Seminsky et al., 2023]. Зонно-блоковая структура образуется сетью субвертикальных и субгоризонтальных разломных зон, разделяющих его на менее нарушенные блоки. Она формируется под действием сил тектонической и гравитационной природы. При тектонической природе деформаций этапность и характер разрывообразования трансформируются со стороны активных подвижных поясов, а при гравитационной значительную роль играет наличие в разрезе пластичных пород, способных к гравитационному скольжению [Seminsky et al., 2023].

В настоящей статье нами отмечается зональность не отдельно взятой разломной зоны, а тектонического строения регионального уровня. В таком случае особое значение приобретает наложенный характер различных по масштабу и по времени тектонических деформаций, поэтому к оценке возраста активизации наложенных деформаций необходимо подходить с учетом времени и длительности проявления каждой ранговой составляющей, как это предусмотрено требованиями рангового анализа [Nikolaev, 1992; Umurzakov, 2023]. Однако определение времени начала и длительности проявления той или иной ранговой составляющей новейшей (позднекайнозойской) деформации является самостоятельной задачей, требующей своего решения. Методика определения длительности проявления той или иной ранговой составляющей палеотектодинамических систем была рассмотрена на примере мезозойско-кайнозойской истории западной части Тянь-Шаня [Umurzakov, 2023, 2024]. По территории исследований применительно к новейшей истории этот вопрос пока недостаточно изучен, хотя анализ относительного возрастного взаимоотношения с той или иной детальностью проводится. Как было установлено, здесь наиболее отчетливо проявляется наложение двух систем структурных элементов – северо-западной и северо-восточной. Считается, что первая проявляется активизацией (в новейшее время) вдоль древних до-мезозойских структур, а вторая свойственна альпийскому времени. В пределах исследуемой территории Сурхандарьинской впадины северо-западные складчато-блоковые элементы менее выражены в рельефе и в геологических картах, чем северо-восточные. Как видно по разрезам структурных профилей, они больше выражены под покровом неоген-четвертичных отложений в структуре донеогеновых горизонтов. И хотя считается, что элементы северо-западной ориентации связаны с древними, возможно палеозойскими, структурами, выявленные нами поперечные структуры являются новейшими. Это может свидетельствовать о продолжительном действии общерегионального поля напряжений низшего ранга, определяющего их формирование.

7. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Комплексный анализ геолого-геофизических материалов Сурхандарьинской впадины и сопредельных территорий юго-западных отрогов Гиссара позволил получить новые данные относительно распределения новейших разрывных нарушений и складчато-блоковых элементов региона. Вместе с уточнением положения северо-восточных разломов и складок выделены поперечные разломы и блоки (3-го ранга), которые выражены и в рельефе, и в геолого-геофизических материалах. К ним относятся зоны разрывных нарушений вдоль линий Сангардак – Кызылджар-Денау – Заркоса, Аккапчигай – Северный Дасманага, Ургилисай, Шерабад-Джаркурган. Они отделяют относительные поднятия (Каймазар-Дальварзинский, Учкызылский) от сопряженных с ними впадин.

Для исследуемой территории получено два региональных поля напряжений 2-го ранга. Первое характеризуется северо-западной (юго-восточной) ориентировкой оси главного нормального напряжения сжатия (σ_3) при юго-западном (северо-восточном) положении оси растяжения (σ_1) и субвертикальном положении промежуточной оси (σ_2). Это поле напряжений характерно для поднятий юго-западных отрогов Гиссара и предгорных районов Сурхандарьинской впадины. Второе поле напряжений 2-го ранга, в пределах Байсунской котловины и Сурхандарьинской впадины, характеризуется субширотной субгоризонтальной осью напряжения сжатия (σ_3), субмеридиональной ориентировкой оси растяжения (σ_1) при субвертикальном положении промежуточной оси (σ_2). С этим полем связаны отмеченные левые сдвиги северо-западной и правые сдвиги северо-восточной ориентировки. Анализ данных новейшей тектоники подтверждает высказанные ранее утверждения, что процесс вовлечения в поднятия происходит при активном воздымании западных и северо-западных антиклинальных складок с перемещением «центров» воздыманий с запада на восток.

8. ЗАЯВЛЕННЫЙ ВКЛАД АВТОРОВ / CONTRIBUTION OF THE AUTHORS

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку рукописи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией.

All authors made an equivalent contribution to this article, read and approved the final manuscript.

9. РАСКРЫТИЕ ИНФОРМАЦИИ / DISCLOSURE

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов, связанного с этой рукописью.

The authors declare that they have no conflicts of interest relevant to this manuscript.

10. ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

Abidov A.A., Atabekov I.U., Dolgopopolov F.G., Hojimetov A.I., Kamalhojaev U.A., 2001a. Overlap and Suboverlap Zones System in the Crust of Surhandarya Region. The Uzbek

Magazine of Oil and Gas 2, 12–15 (in Russian) [Абидов А.А., Атабеков И.У., Долгополов Ф.Г., Ходжиметов А.И., Камалходжаев У.А. Система надвигово-подвиговых зон в земной коре Сурхандарьинского нефтегазоносного региона // Узбекский журнал нефти и газа. 2001. № 2. С. 12–15].

Abidov A.A., Dolgoplov F.G., Khojimetov A.I., 2001b. A System of Inclined Faults in the Earth's Crust of the Surkhandarya Oil and Gas Region. *Russian Oil and Gas Geology* 6, 23–29 (in Russian) [Абидов А.А., Долгополов Ф.Г., Ходжиметов А.И. Система наклонных разрывных нарушений в земной коре Сурхандарьинского нефтегазоносного региона // Геология нефти и газа. 2001. № 6. С. 23–29].

Atabaev D.Kh., 2009. Development History and the Neotectonic-Tectonic Plan of the Surkhandarya Depression. *Acta NUUZ* 4/1, 105–107 (in Russian) [Атабаев Д.Х. История развития и новейший структурно-тектонический план Сурхандарьинской депрессии // Вестник НУУз. 2009. № 4/1. С. 105–107].

Babaev A.M., 1975. Neotectogenesis of the Gissar-Alai and Tajik Depression Junction Zone. Donish, Dushanbe, 152 p. (in Russian) [Бабаев А.М. Новейший тектогенез зоны сочленения Гиссаро-Алая и Таджикской депрессии. Душанбе: Дониш, 1975. 152 с.].

Babaev A.M., Liskov L.M., 2014. To the History of Upper Part of the Vakhsh River's Formation. *Reports of the National Academy of Sciences of Tajikistan* 57(1), 57–62 (in Russian) [Бабаев А.М., Лысков Л.М. К истории формирования верхней части долины реки Вахш // Доклады Академии наук Республики Таджикистан. 2014. Т. 57. № 1. С. 57–62].

Chediya O.K., 1972. South of Central Asia in the Neotectonic Epoch. *Neotectonics and Paleogeography. Book 2.* Pim, Frunze, 225 p. (in Russian) [Чедия О.К. Юг Средней Азии в новейшую эпоху горообразования. Новейшая тектоника и палеогеография. Фрунзе: Илим, 1972. Кн. 2. 225 с.].

Cheremnykh A.V., 2018. Parageneses of Fractures in Large Fault Zones of West Transbaikalia. *Geodynamics & Tectonophysics* 9 (3), 889–908 (in Russian) [Черемных А.В. Парагенезы разрывов в крупных разломных зонах Западного Забайкалья // Геодинамика и тектонофизика. 2018. Т. 9. № 3. С. 889–908]. <https://doi.org/10.5800/GT-2018-9-3-0375>.

Cheremnykh A.V., Dekabryov I.K., 2023. Tectonic Stresses in the Chersky Fault Zone (Baikal Rift System). *Geodynamics & Tectonophysics* 14 (5), 0722 (in Russian) [Черемных А.В., Декабрёв И.К. Тектонические напряжения в зоне разлома Черского (Байкальская рифтовая система) // Геодинамика и тектонофизика. 2023. Т. 14. № 5. 0722]. <https://doi.org/10.5800/GT-2023-14-5-0722>.

Goncharov M.A., 1999. From Tectonics of Lithospheric Plates to Geodynamics of Hierarchically Subordinate Geospheres. *National Geology* 3, 10–14 (in Russian) [Гончаров М.А. От тектоники литосферных плит – к геодинамике иерархически соподчиненных геосфер // Отечественная геология. 1999. № 3. С. 10–14].

Gushchenko O.I., 1982. Determining Tectonic Stress Fields by Method of Kinematic Analysis of Destruction Structures (Due to Seismic Hazard Prediction). In: *Nature and Methodology of Determination of Tectonic Stress in the Upper Earth's Crust. Proceedings of the All-Union School-Seminar (May 20–22, 1980).* Kola Branch of the USSR Academy of Sciences, Apatity, p. 35–52 (in Russian) [Гущенко О.И. Определение тектонических полей напряжений методом кинематического анализа структур разрушения (в связи с прогнозом сейсмической опасности) // Природа и методология определения тектонических напряжений в верхней части земной коры: Материалы Всесоюзной школы-семинара (20–22 мая 1980 г.). Апатиты: Кольский филиал АН СССР, 1982. С. 35–52].

Kuchay V.K., 1981. *Orogeny Zones and Seismicity.* Nauka, Moscow, 160 p. (in Russian) [Кучай В.К. Зонный орогенез и сейсмичность. М.: Наука, 1981. 160 с.].

Kuchay V.K., 1983. *Modern Earth Dynamics and Pamir-Tien Shan Orogeny.* Nauka, Moscow, 208 p. (in Russian) [Кучай В.К. Современная динамика Земли и орогенез Памиро-Тянь-Шаня. М.: Наука, 1983. 208 с.].

Kukhtikov M.M., 1968. Tectonic Zonation and the Most Important Patterns in the Structure and Development of the Gissar-Alai in the Paleozoic. Donish, Dushanbe, 268 p. (in Russian) [Кухтиков М.М. Тектоническая зональность и важнейшие закономерности строения и развития Гиссаро-Алая в палеозое. Душанбе: Дониш, 1968. 268 с.].

Lustikh E.N., 1957. On Convection in the Earth Shells According to Pekeris' Calculations. *Bulletin of the USSR Academy of Sciences. Geophysical Series* 5, 614–615 (in Russian) [Люстих Е.Н. О конвекции в оболочках Земли по расчетам Пикериса // Известия АН СССР. Серия геофизическая. 1957. № 5. С. 614–615].

Nikolaev P.N., 1992. *Methodology of Tectonodynamic Analysis.* Nedra, Moscow, 295 p. (in Russian) [Николаев П.Н. Методика тектонодинамического анализа. М.: Недра, 1992. 295 с.].

Nikolaev V.G., 2002. Afghan-Tajik Depression: Architecture of Sedimentary Cover and Evolution. *Russian Journal of Earth Sciences* 4 (6), 399–421.

Rebetsky Yu.L., Mikhailova A.V., 2014. Deep Heterogeneity of the Stress State in the Horizontal Shear Zones. *Izvestiya, Physics of the Solid Earth* 50, 824–838. <https://doi.org/10.1134/S1069351314060068>.

Rebetsky Yu.L., Sim L.A., Marinin A.V., 2017. From Slickenside to Tectonic Stresses. *Techniques and Algorithms.* GEOS, Moscow, 234 p. (in Russian) [Ребецкий Ю.Л., Сим Л.А., Маринин А.В. От зеркал скольжения к тектоническим напряжениям. Методики и алгоритмы. М.: ГЕОС, 2017. 234 с.].

Reyman V.M., Babaev A.M., Vinnichenko G.P., 1969. Seismotectonics and Transverse Structures of the Central and Southwest Tajikistan. In: *Neotectonics and Seismotectonics of Tajikistan.* Donish, Dushanbe, p. 97–114 (in Russian) [Рейман В.М., Бабаев А.М., Винниченко Г.П. Сейсмотектоника и поперечные структуры Центрального и Юго-Западного Таджикистана // Неотектоника и сейсмотектоника Таджикистана. Душанбе: Дониш, 1969. С. 97–114].

Ruziev S.T., 2010. On Tectonics and Prospects for the Oil and Gas Content of the Southwestern Pericline of the Khauddag Structure. The Uzbek Magazine of Oil and Gas 4, 17–19 (in Russian) [Рузиев С.Т. О тектонике и перспективах нефтегазоности юго-западной периклиналы Хаудагской структуры // Узбекский журнал нефти и газа. 2010. № 4. С. 17–19].

Ruziev S.T., Ruziev T.K., 2011. Peculiarities of Tectonics and Oil and Gas Content of the Uchkizyl-Khauddag Uplift in Paleogene Deposits. The Uzbek Magazine of Oil and Gas 1, 15–18 (in Russian) [Рузиев С.Т., Рузиев Т.К. Особенности тектоники и нефтегазоности Учкизыл-Хаудагского поднятия по палеогеновым отложениям // Узбекский журнал нефти и газа. 2011. № 1. С. 15–18].

Seminsky K.Zh., Burzunova Yu.P., Bornyakov S.A., Miroshnichenko A.I., Cheremnykh A.S., Seminsky A.K., Buddo I.V., Smirnov A.S., Gorlov I.V., 2023. Analysis of the Fault-Block Structure and Stress State of the Sedimentary Cover in Gas-Condensate Deposits: Basics of the Tectonophysical Approach. Geodynamics & Tectonophysics 14 (2), 0689 (in Russian) [Семинский К.Ж., Бурзунова Ю.П., Борняков С.А., Мирошниченко А.И., Черемных А.С., Семинский А.К., Буддо И.В., Смирнов А.С., Горлов И.В. Анализ разломно-блоковой структуры и напряженного состояния осадочного чехла на газоконденсатных месторождениях: основы тектонофизического подхода // Геодинамика и тектонофизика. 2023. Т. 14. № 2. 0689]. <https://doi.org/10.5800/GT-2023-14-2-0689>.

Seminsky K.Zh., Kozhevnikov N.O., Cheremnykh A.V., Pospeeva E.V., Bobrov A.A., Olenchenko V.V., Tugarina M.A., Potapov V.V., Zaripov R.M., Cheremnykh A.S., 2013. Interblock Zones in the Crust of the Southern Regions of East Siberia: Tectonophysical Interpretation of Geological and Geophysical Data. Geodynamics & Tectonophysics 4 (3), 203–278 (in Russian) [Семинский К.Ж., Кожевников Н.О., Черемных А.С., Поспеева Е.В., Бобров А.А., Оленченко В.В., Тугарина М.А., Потапов В.В., Зарипов Р.М., Черемных А.С. Межблоковые зоны в земной коре юга Восточной Сибири: тектонофизическая интерпретация геолого-геофизических данных // Геодинамика и тектонофизика. 2013. Т. 4. № 3. С. 203–278]. <https://doi.org/10.5800/GT-2013-4-3-0099>.

Sherman S.I., 2012. Destruction of the Lithosphere: Fault-block Divisibility and Its Tectonophysical Regularities. Geodynamics & Tectonophysics 3 (4), 315–344 (in Russian) [Шерман С.И. Деструкция литосферы: разломно-блоковая делимость и ее тектонофизические закономерности // Геодинамика и тектонофизика. 2012. Т. 3. № 4. С. 315–344]. <https://doi.org/10.5800/GT-2012-3-4-0077>.

Sherman S.I., Seminsky K.Zh., 2010. Tectonophysical Research at Institute of the Earth's Crust SB RAS: Major Achievements and Actual Problems. Geodynamics & Tectonophysics 1 (1), 4–23 (in Russian) [Шерман С.И., Семинский К.Ж. Тектонофизические исследования в Институте земной коры СО РАН: принципиальные достижения и актуальные задачи // Геодинамика и тектонофизика. 2010. Т. 1. № 1. С. 4–23].

Tadjibekov M., 1990. Types of Neogene Depressions in the Western Part of Gissar-Alai. Bulletin of the Tajik SSR Academy of Sciences. Department of Physical, Mathematical, Chemical, Geological and Technical Sciences 3 (113), 48–53 (in Russian) [Таджибеков М. Типы неогеновых впадин западной части Гиссаро-Алая // Известия АН Таджикской ССР. Отделение физико-математических, химических, геологических и технических наук. 1990. № 3 (113). С. 48–53].

Tadjibekov M., Radjabov N., 2003. History of Neotectonic Development of the South Tien Shan and Tajik Depression Articulation Zone (by the Example of the Dushanbe Trough). In: Issues of Geology, Geoecology and Field Development in Tajikistan. TSNU, Dushanbe, p. 66–69 (in Russian) [Таджибеков М., Раджабов Н. История неотектонического развития зоны сочленения Южного Тянь-Шаня и Таджикской депрессии (на примере Душанбинского прогиба) // Вопросы геологии, геоэкологии и разработки месторождений Таджикистана. Душанбе: ТГНУ, 2003. С. 66–69].

Tyapkin K.F., Dovbnich M.M., 2007. Earth Rotation as the Sole Source of Tectogenesis. Geophysics 1, 59–64 (in Russian) [Тяпкин К.Ф., Довбнич М.М. Вращение Земли – единственный реальный источник энергии тектогенеза // Геофизика. 2007. № 1. С. 59–64].

Tyapkin K.F., Dovbnich M.M., 2009. A New Rotational Hypothesis of Structure Formation and Its Geological and Mathematical Justification. Knowledge, Donetsk, 342 p. (in Russian) [Тяпкин К.Ф., Довбнич М.М. Новая ротационная гипотеза структурообразования и ее геолого-математическое обоснование. Донецк: Ноулидж, 2009. 342 с.].

Umurzakov R.A., 2007. On the Criteria of Structural and Hierarchical Systematization in Seismogeology. In: Problems of Seismology of Uzbekistan. Iss. 4. Institute of Seismology AS RUZ, Tashkent, p. 137–145 (in Russian) [Умурзаков Р.А. О критериях структурно-иерархической систематизации в сейсмогеологии // Проблемы сейсмологии в Узбекистане. Ташкент: ИС АН РУЗ, 2007. № 4. С. 137–145].

Umurzakov R.A., 2010. Structural and Seismic Indications of the Elements of Recent and Present-Day Stress Fields in Several Epicentral Regions of Western Tien Shan. Izvestiya, Physics of the Solid Earth 46 (5), 379–386. <https://doi.org/10.1134/S1069351310050022>.

Umurzakov R.A., 2023. Deformation Regimes and Low-Rank Paleotectonic Stresses of the Western Tian Shan in the Mesozoic – Cenozoic. Geodynamics & Tectonophysics 14 (1), 0687 (in Russian) [Умурзаков Р.А. Деформационные режимы и палеотектонические напряжения низшего ранга западной части Тянь-Шаня в мезозое – кайнозое // Геодинамика и тектонофизика. 2023. Т. 14. № 1. 0687]. <https://doi.org/10.5800/GT-2023-14-1-0687>.

Umurzakov R.A., 2024. Fault-Block Deformations and Tectonic Stress Field in the Southwestern Spurs of Hissar. In: Faulting in Lithosphere and Related Processes: Tectonophysical Aspect. Abstracts of the All-Russian Conference Dedicated to the 75th Anniversary of the IEC SB RAS, the 45th Anniversary of the Laboratory of Tectonophysics, the

90th Anniversary of the Birth of Professor S.I. Sherman (September 16–21, 2024). ISU Publishing House, Irkutsk, p. 120–121 (in Russian) [Умурзаков Р.А. Разломно-блоковые деформации и поле тектонических напряжений юго-западных отрогов Гиссара // Разломообразование в литосфере и сопутствующие процессы: тектонофизический аспект: Тезисы докладов Всероссийской конференции, посвященной 75-летию ИЗК СО РАН, 45-летию лаборатории тектонофизики, 90-летию со дня рождения профессора С.И. Шермана (16–21 сентября 2024 г.). Иркутск: Изд-во ИГУ, 2024. С. 120–121].

Yuryev A.A., 1986. On Tectonics and Oil and Gas Prospects of the Northern Part of the Surkhandarya Depression According to Morphostructural Analysis. In: *Geology and Oil and Gas Potential of Jurassic Deposits of Southern and*

Western Uzbekistan. Proceedings of IGIRNIGM. Vol. 60. SAIGIMS, Tashkent, p. 21–29 (in Russian) [Юрьев А.А. К тектонике и перспективам нефтегазоносности севера Сурхандарьинской впадины по данным морфоструктурного анализа // Геология и нефтегазоносность юрских отложений Южного и Западного Узбекистана: Труды ИГИРНИГМ. Ташкент: САИГИМС, 1986. Вып. 60. С. 21–29].

Zakharov S.A., 1969. On the Characteristic Features of Neotectonics of the Tajik Depression. In: *Neotectonics and Seismotectonics of Tajikistan. Donish, Dushanbe, p. 3–19 (in Russian) [Захаров С.А. О характерных чертах неотектоники Таджикской депрессии // Неотектоника и сейсмотектоника Таджикистана. Душанбе: Дониш, 1969. С. 3–19].*