

УДК 550.34

НОВЕЙШАЯ ТЕКТНИКА И СОВРЕМЕННОЕ НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ АРАЛО-УСТЮРТСКОГО РЕГИОНА УЗБЕКИСТАНА

Ю.М. Садыков, А.А. Рашидов, М.Ш. Нормуминов

Институт сейсмологии им. Г.А.Мавлянова Академии наук Республики Узбекистан

Аннотация. Амплитуда неотектонических движений на Узбекской части Западно-Тянь-Шаньского орогена достигла 14000 м, тогда как на Арало-Устюртском регионе Туранской платформы всего лишь 600 м. Амплитуда движений в орогене более чем в 20 раз выше, чем на платформе. Скорости наибольших современных вертикальных движений в этих регионах показывают сопоставимые результаты: на орогене варьирует от -10 до +10 мм/год, а на плите меняются в пределах 0+4 мм/год. Наблюдается существенное увеличение скорости современных вертикальных движений на платформе. Также на основе анализов результатов математического моделирования современного напряженного состояния исследуемой территории делается вывод.

Ключевые слова: Западный Тянь-Шань; математическая модель; неотектонические движения; неотектоника; современные движения; напряженное состояние; Туранская платформа.

Введение. Анализ неотектонических движений является важной частью сейсмогеодинамического анализа и производится изучением разломно-блоковых неотектонических структур, а также количественной характеристикой движений, сформировавших эти структуры. Разломы и блоки, развитые в земной коре, рассматриваются как взаимосвязанные и взаимообусловленные структурные формы. Активный разлом реагирует движением на изменение поля напряжений и в этом ключе является источником сейсмической опасности.

Методика исследований. Одним из эффективных способов изучения новейших тектонических движений является картографический. Преимущество данного способа заключается в возможности анализа неотектонических построений разных лет, привлечении к анализу совокупности данных по глубинному строению, разрывной тектонике и современных движений. Элемент декомпозиции данного способа позволяет замену некоторых составляющих использованных карт и схем на более современную информацию.

Особенности глубинного строения. Исследование взаимосвязи глубинного строения и структуры мезозойско-кайнозойского чехла – важная часть сейсмогеодинамического анализа. Средняя мощность земной коры в регионе составляет 40 км и характеризуется низкими градиентами изменения глубин залегания поверхности Мохо, обширными пологими формами ее рельефа. Консолидированная кора, расположенная между поверхностями палеозойского фундамента и Мохо, более устойчива. Она имеет трехчленное строение. Верхняя часть коры складывается из палеозойского складчатого основания и кристаллического фундамента. Мощность верхней части 10-12 км. Среднюю часть представляют расслоенные слои с пониженной и повышенной скоростями. Скорость сейсмических волн 6,5-6,7 км/сек, а в волноводах 5,8-6,2 км/сек. Мощность средней коры 10-15 км. Одной из причин возникновения волноводов допускается высокая электрическая проводимость слоев в результате разрушения пород и их последующим обводнением. Нижняя часть консолидированной коры характеризуется малым количеством отражающих границ и границ обмена. Это может свидетельствовать о слабослоистости данной части коры. Мощность нижней части коры меняется в пределах 12-15 км. Для исследуемого региона отмечается согласное залегание поверхностей Мохо, палеозойского фундамента и современного рельефа [1-5].

Неотектоника. Для проведения неотектонического анализа мы изучили существующие карты и схемы неотектоники [6-12]. Для настоящего анализа использована карта новейших тектонических движений Юга СССР (под ред. Л.П.Полкановой, 1971 г., масштаб 1:1 000 000), как наиболее полно соответствующая современному рельефу (рис. 1). В неотектонический этап развития отлагались неогеновые и четвертичные отложения. В Центральных Кызылкумах и Южном Приаралье они образуют материковый покров, где преобладают песчано-алеврито-глинистые накопления лагунных и континентальных фаций. В

пределах Устюрта их сменяют морские и лагунные образования миоцена. Выделяют три стадии развития современного ландшафта: олигоцен-нижний миоценовый; средний миоцен–нижний плиоценовый и средний-верхний плиоценовый. Верхний плиоцен – эоплейстоценовый стратиграфический комплекс завершает ранний неогеновый этап эпохи новейшего орогенеза. Осадочное выполнение эрозионных линейных долин и котловин представлено различными типами разрезов. Наиболее древние – солёные отложения. Перекрывающие их озерно-бассейновые, аллювиальные и делювиально-пролювиальные накопления более широко распространены. Накоплению этих отложений предшествовал региональный перерыв и эрозионное долинное расчленение рельефа. На неогеновых отложениях залегают четвертичные породы, отражающие результаты современных тектонических движений и особенности строения водосборной территории, включающей бассейн р. Амударьи и Аральского моря. В долине

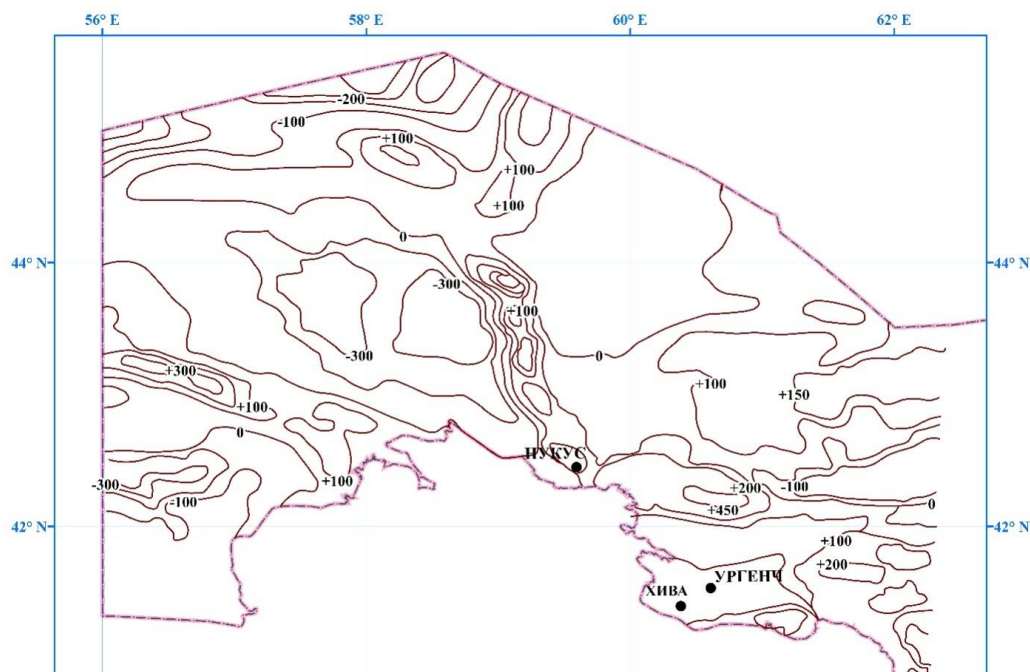


Рис. 1. Фрагмент карты новейших тектонических движений Юга СССР [1].



амплитуды новейших тектонических движений, м.

Fig. 1. Fragment of the map of the latest tectonic movements in the South of the USSR [1].



amplitudes of the latest tectonic movements, m.

р. Амударьи разрезы представлены преимущественно равнинным аллювием. В выступающих массивах Центральных Кызылкумов, включая Султанувайс, развит пролювиальный шлейф, а в прилегающих районах – отложения бессточных котловин и приуроченные к ним мелкие озера и покровы перевеянных эоловых песков. К ним примыкают ландшафты Аральского бассейна и сопряженные с ним дельты Амударьи. Составляющие их ландшафты представлены латеральным рядом типовых разрезов мелкосопочников и равнин Кызылкумов, долин Амударьи и Аральского моря. Традиционно выделяемые в составе четвертичных отложений: сохский, ташкентский, голодностепский и сырдарьинский комплексы сохраняют свое значение в качестве региональных стратиграфических подразделений. Структурные формы, наблюдаемые на поверхности земли, были сформированы в результате новейших тектонических движений. Для анализа амплитудных характеристик новейших тектонических движений использован фрагмент карты новейших тектонических движений Юга СССР [6]. Согласно данному фрагменту, суммарная амплитуда новейших тектонических движений варьирует в пределах -300 +300 м (600 м) (см. рис. 1). Для сравнения можно указать, что в Западном Тянь-Шане суммарная амплитуда неотектонических движений максимально достигала 12 тыс. м. Если их сравнить, то расчеты показывают, что скорость вертикальных движений за неотектонический этап составляла приблизительно: для орогена 0,48 мм/год, а для платформы 0,024 мм/год. На фрагменте четко выделяются две узкие полосы сравнительно повышенных значений амплитуд: северо-западная (Центрально-Устюртский вал) и субмеридиональная (Западно-Аральская зона поднятий). Границами этих полос служат

разломы, амплитуда движений по которым составляет не менее 600 м. Разломы расположены согласно простиранию этих полос и играют структурно-контролирующую роль. Эти разломы отмечены практически во всех опубликованных геологических и тектонических картах, посвященных данному региону. По ориентации они северо-западные и субмеридиональные (Уральские).

Новейшие тектонические структуры. Согласно [5, 12], на исследуемом участке Туранской платформы выделены Северо-Устьюртский и Каракумский тектонические блоки, разделенные зоной Мангышлакского разлома, северо-западным продолжением Южно-Тянь-Шаньского глубинного разлома 1-го ранга. На север от данного разлома ответвляется Западно-Аральский разлом субмеридионального простирания. Эти разломы сыграли существенную роль в обустройстве внутренней структуры осадочного чехла. На **рис. 2** горизонтальные прерывистые линии указывают на развитие синеклиз и впадин, т. е. участков, испытавших отрицательные движения, а вертикальные линии очерчивают участки развития выступов, шолей и валов, возникших при положительных неотектонических движениях.

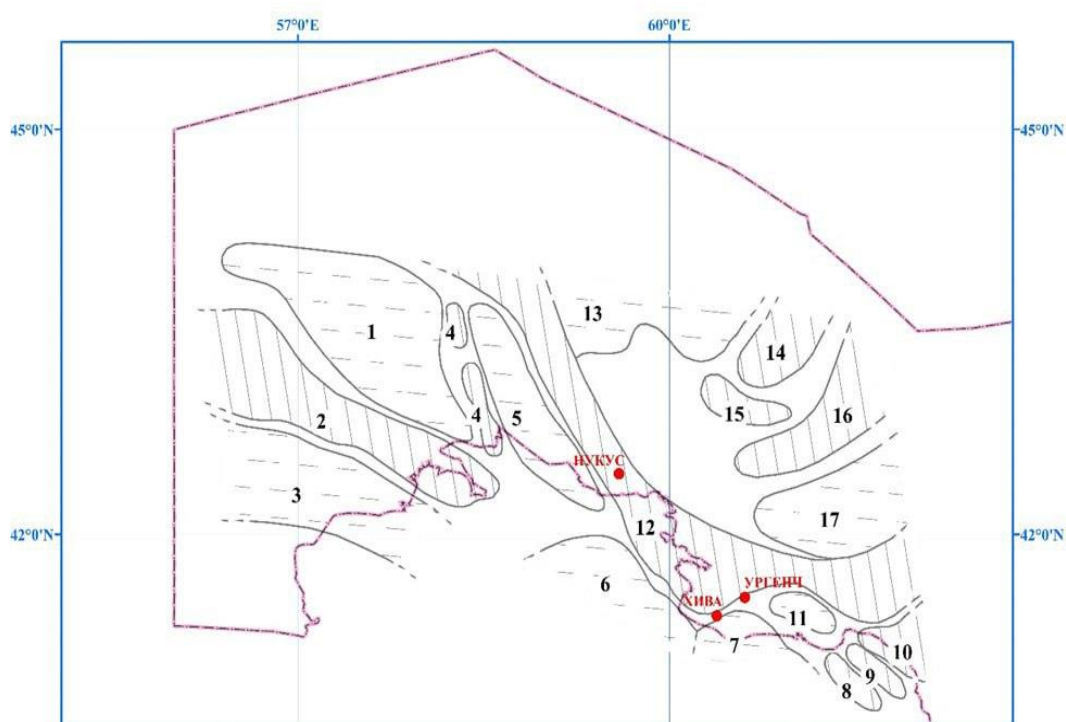


Рис. 2. Схема тектонического районирования мезозой-кайнозойских структур Узбекистана и сопредельных территорий [5]. 1 – Барсакельмский прогиб; 2 – Центральное-Устьюртское поднятие; 3 – Ассакеевский прогиб; 4 – Аламбекский вал; 5 – Судочий прогиб; 6 – Дарьялык-Дауданский прогиб; 7 – Турткульский прогиб; 8 – Питнякое поднятие; 9 – Мешеклинское поднятие; 10 – Софронкудукское поднятие; 11 – Хайназарский прогиб; 12 – Султанувайс-Тахтакаирское поднятие; 13 – Восточно-Аральская впадина; 14 – Тахтакупырское поднятие; 15 – Бузгульское поднятие; 16 – Желпактауское поднятие; 17 – Таджикизганский прогиб.

Fig. 2. Scheme of tectonic zoning of Mesozoic-Cenozoic structures of Uzbekistan and adjacent territories [5]. 1 - Barsakelmesk Trough; 2 - Central Ustyurt Rise; 3 - Assakeaudan Trough; 4 - Alambek Shaft; 5 - Sudochi Trough; 6 - Daryalyk-Daudan Trough; 7 - Turtkul Trough; 8 - Pitnyakoye Rise; 9 - Meshekin Rise; 10 - Sofronkuduk Rise; 11 - Hainazar Trough; 12 - Sultanuvais-Takhtakair Rise; 13 - East Aral Trough; 14 - Takhtakupyr Rise; 15 - Buzgulka Rise; 16 - Zhelpaktau Rise; 17 - Tajikazgan Trough.

В пределах Северо-Устьюртского блока выделяются структуры: Таджикизганская, Восточно-Приаральская, Самская, Барсакельмская впадины; Челкарский и Судочий прогибы. В пределах Каракумского блока выделены Центральное-Устьюртский вал и Карабогаз-Каракумский свод, испытавшие воздымание. К отрицательным структурам отнесены Ассакеевский и Дауданский прогибы. В следующей схеме, посвященной тектоническому районированию мезозойско-кайнозойских структур Узбекистана и сопредельных территорий [5], структурная разновидность исследуемой территории получила более конкретное отображение. Согласно данной схеме, выделяется Бузубай-Султанувайс-Тахтакаирская зона поднятий, куда входят поднятия: Бузубай, Султанувайс и Тахтакаир.

Характерной особенностью данной зоны в том, что она в районе г. Нукуса резко меняет ориентацию структур с северо-западной на субмеридиональную (см. рис. 2). Продолжение субмеридионального направления наблюдаем в цепочке поднятий, куда включен и остров Возрождения. Рассматриваемая система Западно-Аральских поднятий с двух сторон ограничена разломами, контролирующими данную систему поднятий. В приграничной зоне Султанувайсского поднятия и Южно-Устюрт-Дауданской системы отрицательных структур выделяются Хайназарский, Турткульский и Дарьялык-Дауданский прогибы. Далее к северу Центрально-Устюртская система поднятий примыкает к Северо-Устюртской синеклизе, представленной Барсакельмесским и Судочим прогибами.

Активные разрывные нарушения. Проанализированы карты и схемы, где затрагивались вопросы разрывной тектоники [1-6, 11-16]. Например, при составлении схематической карты активных разломов авторы [14] опирались на следующие признаки: 1) разломы пересекают, смещают и деформируют комплексы пород докайнозоя и кайнозоя, различных элементов современного рельефа земной поверхности, включая гидросеть и инженерные сооружения; 2) зона динамического влияния разломов сопровождается экзодинамическими явлениями. Разломы разделены на: достоверные и предполагаемые; по ориентации и глубине заложения; разломы ранжированы и дифференцированы по морфокинематическим признакам. В данной схеме ставится знак равенства между разломами и линеаментами, что, на наш взгляд, недопустимо. Линеамент – это продукт дешифрирования аэрокосмофотоматериалов. Перед тем, как по ним делать какие-то практические выводы, необходимо провести их полевую идентификацию. Пока они остаются объектом для дальнейших исследований. Схема опубликована в 1998 г.

Следующая карта является фрагментом карты активных разломов Евразии [15]. Окончательная редакция данной карты выполнена в 2017 г. Карта составлена, в основном, по разным типам и годам публикации материалов дистанционного зондирования и, судя по оценкам различных авторов, отличается большой достоверностью. В настоящее время эта карта часто используется в работах по разломной тектонике. Визуально можно отметить, что на второй карте [15], в отличие схемы активных разломов [14], отсутствуют разрывы меридионального простираения. Для последующего анализа из этих карт заимствованы данные о рангах и кинематике разломов. Как показал анализ ряда тектонических карт, в пределах Средней Азии выделяются разломы 1-го и 2-го рангов, сыгравшие исключительную роль при формировании ее внутренней структуры. Одним из таких является Южно-Тянь-Шаньский. В пределах Западного Узбекистана данный разлом осложняет северо-восточное крыло Амударьинской впадины одного из крупных тектонических элементов Туранской платформы.

Южно-Тянь-Шаньский разлом 1-го ранга (рис. 4). Трассируется с юго-востока на северо-запад. На востоке он разделяет Южный Тянь-Шань и Памирский выступ, далее на западе Гиссарское поднятие и Таджико-Афганскую впадину. Данный отрезок именуется Гиссаро-Кокшаальским разломом. И.Е.Губин отнес его к категории краевых на основании большой протяженности (800 км), длительного существования, резкой геоморфологической выраженности в виде серии разрывов [17]. По данным Д.П.Резвого и А.В.Алексеев (1973), разлом палеозойского заложения, являлся рубежом между системой геосинклинальных прогибов Южного Тянь-Шаня и Таджикско-Каракумским срединным массивом [18]. Далее на запад разлом именуется Южно-Тянь-Шаньским. Глубинные сейсмические разрезы показывают, что в полосе Арало-Гиссарских «барьерных» выступов мантии, разграничивая западное погружение Южного Тянь-Шаня и стабильные районы Туранской плиты, фиксируется повышенная концентрация отражающих и преломляющих границ, указывающих на расслоенность земной коры. К югу от разлома поверхность Мохо погружается до 40-45 км в Чарджоуской ступени и Сурхандарьинской впадине. Под Кульджуктау, Зирабулак-Зиаэтдинским и Каратюбинским поднятиями она залегает на глубине 44-46 км и в Южном Гиссаре до 50 км включительно. В геомагнитном поле зона разлома проявляется в виде протяженных положительных линейных экстремумов [12]. Напряженность и частота магнитных аномалий в 4-5 раз превышают аналогичные величины на смежных площадях и связаны с внедрением основных пород с повышенной концентрацией ферромагнитных минералов. В наблюдаемом поле силы тяжести зона разлома проявляется неоднозначно. В предгиссарском отрезке фиксируются резкие гравитационные ступени. В Газли-Мубарекском отрезке структура четко не обособляется. На сводных картах аномалий Буге зона разлома выделяется в виде цепочки локальных гравитационных относительных максимумов. Предварительные расчеты по выявлению изостатических аномалий свидетельствуют о некоторой

нарушенности равновесного состояния блоков, разграничивающих разлом. Генерализованные электрометрические модели показывают подъем слоев высокой электропроводности в полосе мантийных выступов, указанных выше, и их погружения в сторону Туранской плиты. На кривых МТЗ по линии Кабаклы-Чардара на глубине 2,0-2,5 км отмечается резкий перегиб изолиний кажущихся электросопротивлений и их скачкообразное увеличение. Аналогичная картина наблюдается по профилю МТЗ Карабекаул-Чардара на глубине порядка 8 км. По данным КМПВ-ГСЗ, по профилю Ромитан-Дарбазатау на этих глубинах выделяется высокоскоростной ($V_{пл} = 6,7-6,8$ км/сек) слой мощностью около 2 км, соответствующий метавулканитам основного состава. Данные по тепловым полям базируются на результатах исследований в скважинах. В геотермических полях зона разлома выделяется высокими значениями тепловых потоков (до 70 Мвт/м^2 и выше). К северу и югу от разлома тепловые потоки уменьшаются до $50-58 \text{ Мвт/м}^2$. На срезах 1000, 1500 и 2000 м зона характеризуется повышенными температурами. Повышенные значения геотермического градиента (до $3,5-4,0^\circ\text{C}/100 \text{ м}$) отмечены в Каганском, Газлийском и Испанлы-Чандырском поднятиях [12]. Геотермические и геоэлектрические наблюдения свидетельствуют о повышенных тепловых потоках в зоне разлома, что, вероятно, связано с увеличением проницаемости земной коры. Это могло привести к повышенной конвектируемости газовых эманаций и флюидов. В пределах Западного Узбекистана разлом состоит из крутопадающих нарушений. На данном отрезке разлома произошли Газлийские землетрясения 1976 г. с $M = 7,0$ и $M = 7,3$. Далее на западе в районе Султанувайса происходит сочленение разлома с Учбаш-Каршинской и Амударьинской ФРЗ.

Амударьинская ФРЗ 2-го ранга. Она является крупным элементом структуры Туранской эпипалеозойской платформы. Единая зона структурных уступов амплитудой 1,5-2,0 км, редко, до 4,0 км, протягивается от участка сочленения с Южно-Тянь-Шаньским разломом до отрогов Гиссарского хребта, контролируя на всем протяжении (кроме Бешкентского прогиба) распределение пермо-триасового комплекса. ФРЗ состоит из отдельных участков, простирание которых северо-западное и субширотное. Субширотное простирание наблюдается там, где ФРЗ пересекается под острым углом с меньшими по размеру широтными структурными уступами. Один из них расположен у подножий Султанувайса, второй ограничивает на юге Денгизкульское поднятие. Вдоль приподнятого крыла ФРЗ протягиваются линейно вытянутые пликативные и дизъюнктивные дислокации: Учкыр-Питнякский вал и Годинский грабен. Последний представляет узкую (5-7 км) дислокацию амплитудой до 500 м, вытянутую более чем на 200 км. Формирование Годинского грабена и других аналогичных структур объясняется растягивающими напряжениями, возникающими на приподнятых крыльях флексур за счет положительной кривизны слоев, особенно в случае приуроченности к этим зонам антиклинальных складок. Силы растяжения порождают разрывы и проседания отдельных блоков. Грабен сформирован новейшими движениями.

Учбаш-Каршинская ФРЗ 2-го ранга. Имеет северо-западное простирание и прослеживается более чем на 400 км от упоминавшегося выше тектонического узла у подножий Султанувайсского поднятия до западного замыкания Кашкадарьинского прогиба. На некоторых участках зона выражена контрастно, на других проявляется уступом по поверхности фундамента, снивелированных юрскими отложениями. ФРЗ также в большинстве случаев свойственно растяжение с образованием неоген-четвертичных грабенов, наиболее крупный из которых – Кокчинский. В юго-восточной части Бухарской ступени вдоль ФРЗ располагаются сложно построенные, осложненные надвигами складки Майманактау, Касантау, Кунгуртау и Чим, что свидетельствует о господстве здесь сил сжатия. Возможно, это активное влияние структур юго-западного погружения Зарафшанского поднятия. В плане ФРЗ имеет вид ломанной линии, состоящей из отрезков субширотного и северо-западного простирания. Широтные участки характерны для склонов Газлинского, Янгиказганского и др. поднятий Бухарской ступени, а участки северо-западного простирания там, где ФРЗ сечет поперечные прогибы. На всем протяжении ФРЗ выражается резким увеличением мощности юрских отложений – от 100-300 м на Бухарской ступени до 1000 м и более на Чарджоуской ступени. Такие контрастные изменения мощности разновозрастных пород в зонах Амударьинской и Учбаш-Каршинской ФРЗ могут свидетельствовать о существенной роли ФРЗ в формировании ступеней Восточного борта Амударьинской впадины. Для Бухарской ступени свойственна общая линейная вытянутость в северо-западном направлении, параллельная простиранию палеозойских структур. Для внутренних структур ступени следующего ранга отчетливо проявление северо-восточных «анти Тяньшаньских»

направлений, связанных с перестройкой структурного плана в неоген-четвертичный этап развития. Судя по механизмам Газлийских землетрясений 1976 и 1984 гг., активность структур северо-западных направлений неоспорима. Последние провоцируют активность сопряженных с ними структур северо-восточного направления.

Мангышлакский разлом 2-го ранга. Сопровождается оперяющимися разрывными нарушениями. Один из таких, расположенный субпараллельно основному, прослеживается южнее, разделяет Ассакеауданский и Дарьялык-Дауданский прогибы, объединенные в Южно-Устюрт-Дауданскую систему прогибов с Центрально-Устюртским поднятием. По основному разлому Центрально-Устюртское поднятие взаимодействует с Барсакельмесским и Судочьим прогибами. Эти разломы контролируют развитие дислокаций Центрально-Устюртского поднятия. Амплитуда новейших подвижек по ним составляют более 600 м. От него в районе г. Нукуса ответвляется Центрально-Аральский разлом север-северо-западного простирания.

Западно-Аральский разлом 2-го ранга. В домезозойском фундаменте ему соответствует офиолитовая сутура, разделяющая породы, сформировавшиеся в рифейский и герцинский циклы тектонического развития. В мезозой-кайнозойском чехле Западно-Аральский разлом и система параллельных разрывов контролируют развитие Тахтакаирского поднятия и цепочки положительных структур, продолжающихся в северном направлении, куда включен также остров Возрождения. Амплитуда новейших подвижек по разлому не менее 600 м.

Современные вертикальные тектонические движения, по геодезическим данным. Совмещенная схема современных вертикальных движений и активных разрывных нарушений Арало-Устюртского региона отражена на **рис. 3**. Большинство из них имеют геоморфологическую выраженность, выполняя структурно-контролирующую роль. Зоны, разграничивающие блоки с высокими и низкими значениями современных движений, пространственно совпадают с активными разломами 1-го ранга и для них характерны высокие тектонические напряжения. Современные вертикальные движения показаны в изолиниях скоростей (мм/год) и варьируют в пределах $0 + 4$ мм/год. Для сравнения этот же показатель составляет для Ферганской впадины и его горного обрамления от -10 до $+10$ мм/год. Таким образом, для Арало-Устюртского региона наблюдается существенное увеличение скорости современных вертикальных движений относительно неотектонических.

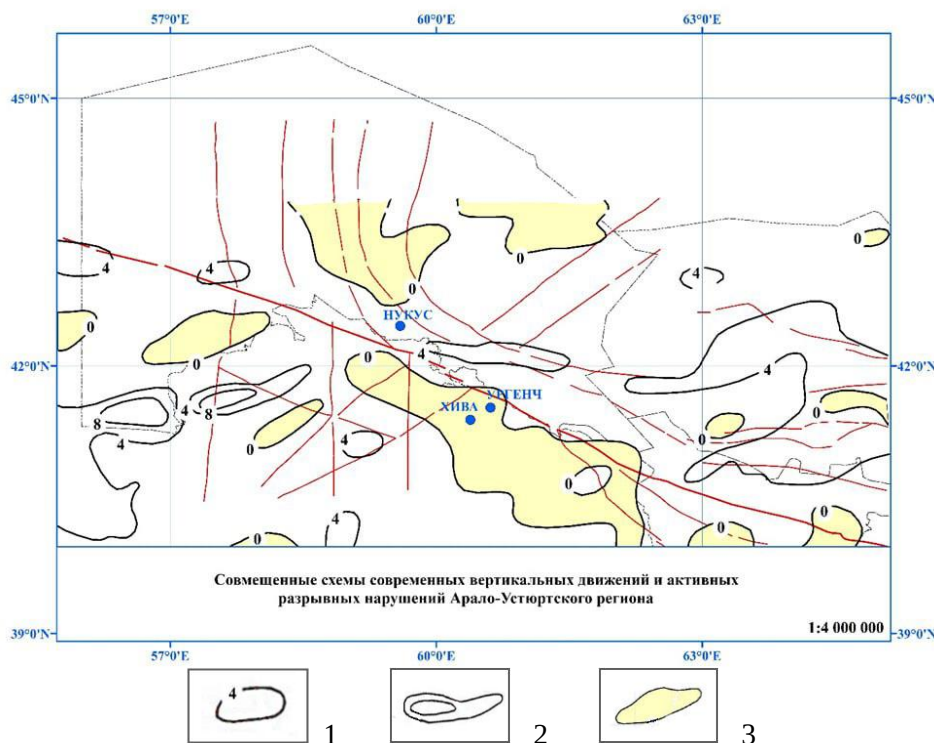


Рис. 3. Совмещенная схема современных вертикальных движений и разрывных нарушений Арало-Устюртского региона. 1 – изолинии скоростей вертикальных движений, мм/год; 2 – участки поднятий; 3 – участки опусканий.
Fig. 3. Combined scheme of modern vertical movements and discontinuities in the Aral-Ustyurt region. 1 - isolines of vertical movement velocities, mm/year; 2 - areas of uplift; 3 - areas of subsidence.

Сравнение скоростей вертикальных движений в Тянь-Шаньском орогене и Арало-Устюртском регионе Туранской платформы показало их сопоставимость, что свидетельствует о вовлечении краевых частей платформы в интенсивные вертикальные движения.

Основные черты геодинамики. Современные модели геодинамики Средней Азии основаны на предположении, что напряженное состояние земной коры региона является последствием столкновения Евразийской, Индийской и Аравийской плит [1-5]. Время заложения и формирования Туранской платформы охватывает поздне триас-юрское время. Консолидированная земная кора сформировалась к началу мезозоя. С закрытием Туркестанского и Зарафшанского субокеанических бассейнов связывается гетерогенность и разновозрастность консолидированной коры. Во второй половине триаса исследуемый регион вступил в новую эпоху тектонического развития. На базе складчатых сооружений каледонид и герцинид были сформированы структуры Туранской платформы. До вовлечения в неотектоническую активизацию здесь сформировались структуры платформенного типа. Неоднократная смена горообразовательных и равниннообразовательных режимов, разделенных континентальными перерывами, сопровождалась структурными несогласиями и складчатостью.

Положение Туранской платформы как краевой части Евразийской литосферной плиты, соседствующей с органогенными поднятиями Тянь-Шаня, определило особенности ее развития. Согласованность во времени различных событий в Тянь-Шане и в исследуемой части Туранской платформы свидетельствуют о генетической связи этих регионов. Например, образование линейных прогибов в Тянь-Шане и Туранской платформе. Со средне-позднеэоценовым вулканизмом Ирана, Афганистана и Памира коррелирует накопление на территории Туранской платформы эоценовых пирокластических монтмориллонитовых глин. В поздний кайнозой (олигоцен) Тянь-Шань и Туранская плита вступили в неотектонический период активизации. Сближение Евразийской и Индийской литосферных плит сопровождалось образованием сложных ансамблей микроплит и блоков земной коры в Средней Азии. В зависимости от распределения полей напряжений они образуют две системы орогенических структур – коллизионных Альпийско-Гималайского пояса и резонансно-орогенических постплатформенных поднятий Тянь-Шаня. Туранская платформа в начале неотектонического этапа формировалась как типичная платформа.

Итогом неотектонических движений по обновленным древним разломам Туранской платформы стало образование тектонических блоков: Амударьинского, Сырдарьинского, Северо-Устюртского и др. Орогенические движения нарастали от стадии к стадии с одновременным вовлечением в орогенез примыкающих к Тянь-Шаню с запада частей Туранской плиты. Поэтому граница между орогеном Тянь-Шаня и Туранской плитой не остается постоянной [1-5].

Напряженное состояние региона по результатам математического моделирования. Для понимания природы современных тектонических движений исследуемого региона необходимо проведение комплекса геолого-геофизических работ, с широким использованием результатов научных исследований, направленных на выяснение горизонтального взаимодействия разноранговых тектонических блоков земной коры, различающихся основными параметрами современной геодинамики. В этом плане в Узбекистане нарастает объем исследований, посвященных современной геодинамике и математическим моделям, адекватно описывающих природные процессы. Первопричина геодинамических процессов и их последствия находятся в области предположений. Используемые специалистами геолого-геофизические методы изучения геодинамики в настоящее время не в состоянии однозначно решать существующие проблемы. Одним из возможных путей для анализа геодинамических процессов является моделирование напряженно-деформированного состояния в исследуемом регионе. Первым шагом в этом направлении могло бы быть создание математической модели геодинамики региона, учитывающей всю реальную историю развития напряженного состояния литосферы во времени, но это в настоящее время практически невозможно. В работе [19] смоделировано течение горных масс в литосфере (толщиной 100 км, в пределах географических координат

36-46 с.ш. и 56-76 в.д.), на основе уравнений гидромеханики ползущих движений (задача Стокса), соответствующее схеме расположения тектонических структур в Центральной Азии [11]. Вычислительным экспериментом построены граничные напряжения (эквивалентные действиям Индийской, Аравийской и Евразийской плит), которые создают перемещения, соответствующие современному рельефу рассматриваемого региона. На **рис. 4** приводится совмещенная схема векторов скоростей перемещений, полученных при численном решении этой модели для Арало-Устюртского региона со схемой разломов 1-го и 2-го рангов. Отметим, что векторы скоростей перемещений отражают усредненную характеристику.

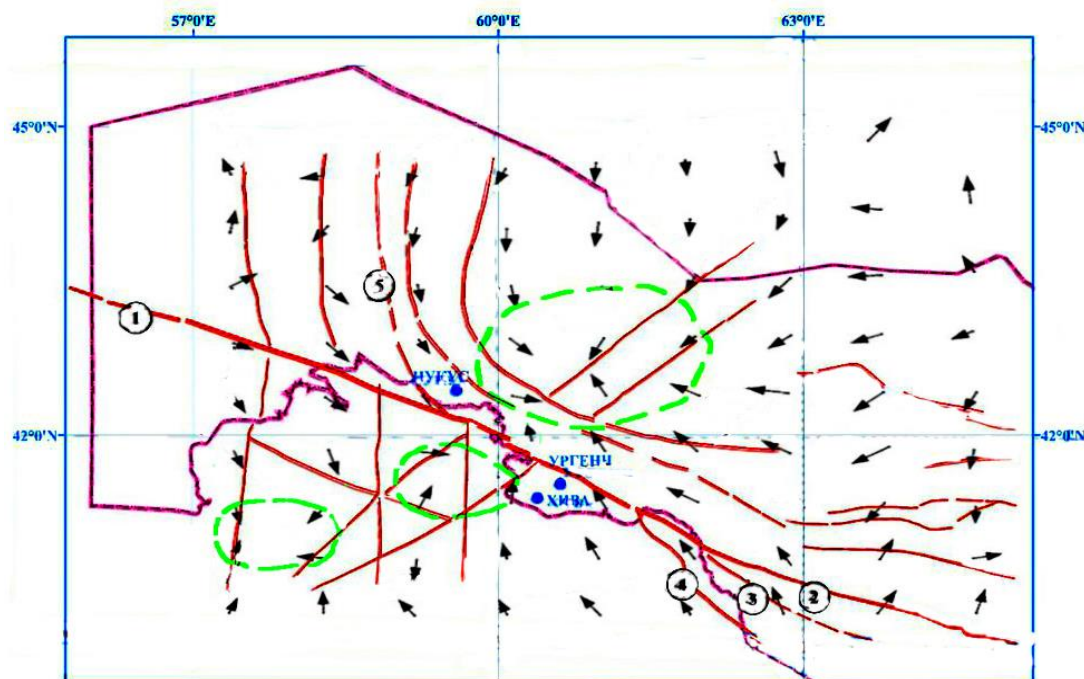


Рис. 4. Совмещенная схема поля скоростей перемещений (по [19]) и разломов 1-го и 2-го рангов.
Fig. 4. Combined scheme of the displacement velocity field (according to [19]) and faults of the 1st and 2nd ranks.

На **рис. 4** выделяются несколько участков, где векторы сходятся на одном участке. Эти участки схождения (отмечены окружностью зеленого цвета) охватывают район расположения Султануайского поднятия. В этом же районе наблюдается узловое сочленение разломов Тянь-Шаньского, Мангышлакского и Уральского направлений. Эта особенность данного района отмечается большинством среднеазиатских геологов [20, 21].

Новейший структурный план региона, в целом, соответствует домезозойскому, т. е. нетектонические движения не смогли полностью переработать домезозойский структурный план. Еще два участка вместе с описанным составляют полосу северо-восточного простираения, сопровождаемую субпараллельной зоной разломов. Эта полоса условно разделяет векторное поле на два района, преимущественно западного и восточного направления. Вероятно, западное направление векторов указывает на дальнейшее расползание орогенических движений в глубь Туранской платформы, а восточное – на противодействие Евразийской литосферной плиты.

На **рис. 5** приводится напряженное состояние рассматриваемого участка. На схеме ориентация стрелок указывает направление σ_1 (сжатие). По классификации Андерсона, геодинамическое состояние указывает на возможность подвижек типа взброс (R), сброс (B) и сдвиг (G). Однотипные напряжения объединены (штриховкой зеленого цвета выделены участки, подверженные субгоризонтальному сжатию). Штриховкой синего цвета – участки, где действуют напряжения сжатия, угол падения которых относительно горизонта варьирует в пределах 15-45°. В целом район находится в состоянии субмеридионального сжатия, но различия в азимутах направлений, возможно, указывает на тектонические блоки, которые по разному реагируют на общее направление сжатия.

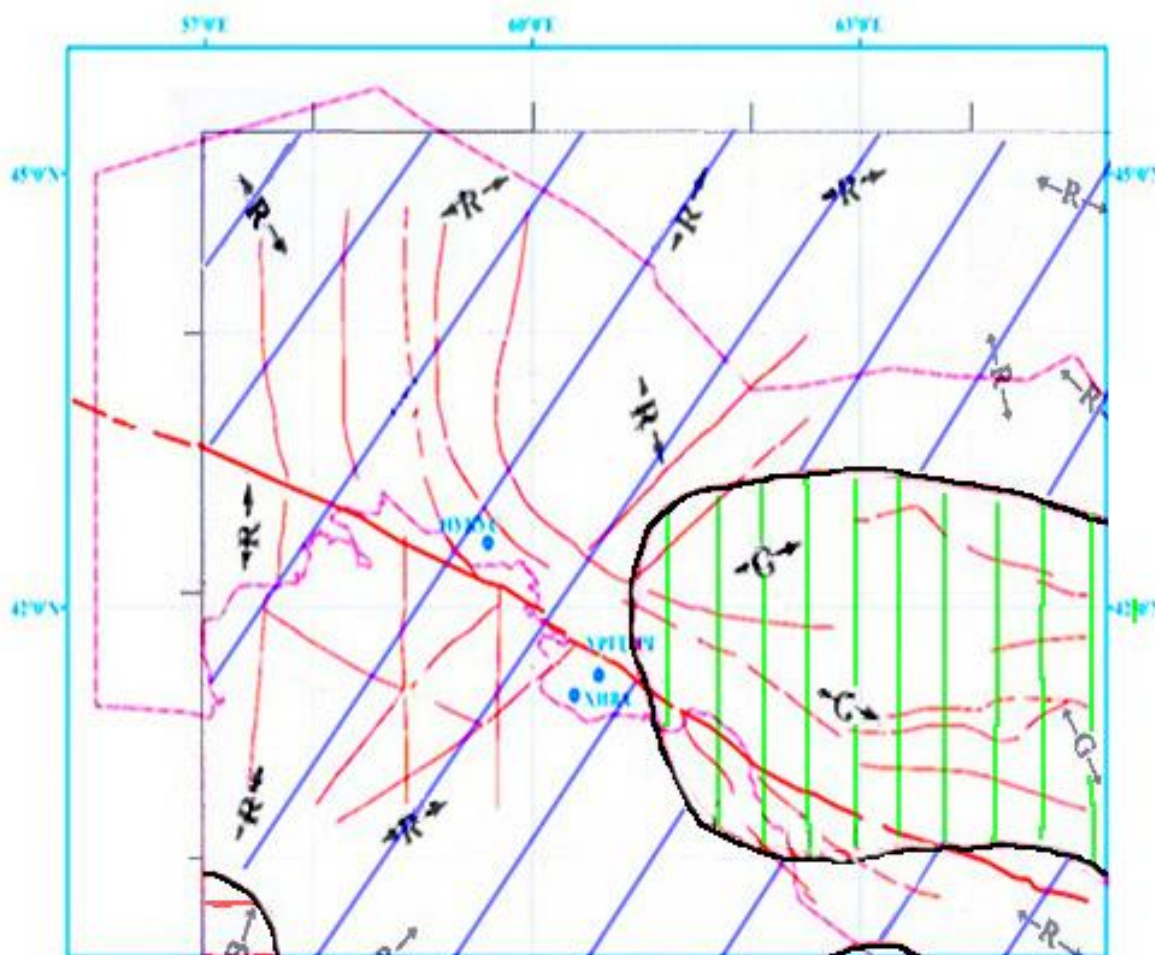


Рис. 5. Совмещенная схема наибольшего горизонтального напряжения σ_1 (сжатие, МПа) для глубин 15 км и разломов 1-го и 2-го рангов.

Fig. 5. Combined scheme of the highest horizontal stress σ_1 (compression, MPa) for depths of 15 km and faults of the 1st and 2nd ranks.

В зависимости от азимута простирания разлома и направления напряжения сжатия, характер подвижек по разломам будут иметь сдвиговый, взбросо-сдвиговый и надвиговый характер.

Закключение

В результате анализа неотектонических движений Арало-Устюртского региона установлено следующее:

- структура Арало-Устюртского региона имеет разломно-блоковый характер, при этом разломно-блоковые структуры 1-го ранга играют главную роль;
- движения по крупным разломам, в сочетании с общим интенсивным субмеридиональным сжатием, способствовали формированию узких зон неотектонических поднятий, контролируемых разломами 1-го и 2-го ранга;
- скорости вертикальных движений в Тянь-Шаньском орогене и Арало-Устюртском регионе Туранской плиты сопоставимы;
- район исследований находится в состоянии субмеридионального сжатия в зависимости от азимута простирания разлома, а направления напряжения сжатия и подвижки по разломам имеет сдвиговый, взбросо-сдвиговый и надвиговый характер.

Литература

1. Природа слоев и границ литосферы - Т.: ГФНТИ, 1998. - 212 с.
2. Литосфера Памира и Тянь-Шаня - Т.: Фан, 1982. - 248 с.
3. Земная кора и верхняя мантия Средней Азии - М.: Наука, 1977. - 212 с.
4. Земная кора Узбекистана - Т.: Фан, 1974. - 288 с.
5. Далимов Т.Н., Троицкий В.И., Ганиев И.Н. История геологического развития, геодинамика Узбекистана и сопредельных территорий // Геология и полезные ископаемые Республики Узбекистан. - Т.: Университет, 1998. - С. 459-533.
6. Карта новейших тектонических движений Юга СССР / Под ред. Л.П.Полкановой, 1971 г., масштаб 1: 1 000 000.
7. Карта новейшей тектоники юга Азии и сопредельных областей / Под ред. Н.И.Николаева, 1978 г., масштаб 1: 2 500 000.
8. Карта новейшей тектоники Северной Евразии / Под ред. А.Ф.Грачева, 1997 г., масштаб 1: 1500 000.
9. Атлас геологических карт Республики Узбекистан. Карта неотектоники / Под ред. Ш.Д.Давлятова, 2016 г., масштаб 1: 2 500 000.
10. Троицкий В.И., Садыков Ю.М., Денисов Р.И. К карте новейших тектонических движений Узбекистана // Проблемы сейсмологии в Узбекистане. № 7. - Т., Том II. - С. 241-244.
11. Таль-Вирский Б.Б. Геофизические поля и тектоника Средней Азии. - М.: Недра, 1982. - 272 с.
12. Зуннунов Ф.Х., Ахмеджанов М.А., Борисов О.М. и др. Геолого-геофизическая модель земной коры Западного Узбекистана // Геотектоника. - 1974. - № 1. - С. 59-68.
13. Ярмухамедов А.Р. Современные тектонические движения земной коры // Геология и полезные ископаемые Республики Узбекистан. - Т.: Университет, 1998. - С. 446-459.
14. Бачманов Д.М., Кожурин А.И., Трифонов В.Г. База данных активных разломов Евразии // Геодинамика и тектонофизика. - 2017. - Т. 8. - № 4. - С. 711-736. doi: 10.5800/GT-2017-8-4-0314)
15. Якубов Д.Х., Ахмеджанов М.А., Борисов О.М. Региональные разломы Среднего и Южного Узбекистана. - Т.: Фан, 1976. - 148 с.
16. Губин И.Е. Закономерности сейсмических проявлений на территории Таджикистана. - М.: Изд-во АН СССР, 1960.
17. Резвой Д.П., Алексеев А.Е. Развитие глубинных разломов в течение мезозой-палеогена и на неоген-антропогеном этапе // Глубинные разломы Южного Тянь-Шаня / Под ред. Д.П.Резвого. - Львов: Изд-во Львовского ун-та, 1973.
18. Атабеков И.У. Математическая модель тектонических течений в литосфере Центральной Азии // Проблемы сейсмологии. - 2019. - № 1. - С. 24-33.
19. Гарьковский В.Г. О структурной и металлогенической связи Тянь-Шаня с Уралом // Сб. науч. тр. Главгеологии УзССР и ТашПИ, вып. 4. - Т.: Наука, 1964. - № 11.
20. Гарьковский В.Г., Хамрабаев И.Х. О геологической и металлогенической связи палеозойских сооружений Южного Тянь-Шаня // Проблемы геологии Средней Азии и Казахстана. - М.: Наука, 1967.

O'zbekistonning Orol-Ustyurt mintaqasining neotektonikasi va zamonaviy kuchlanganlik holati**Yu.M. Sadiqov, A.A. Rashidov, M.Sh. Normuminov**

Annotatsiya. G'arbiy Tyan-Shan orogenining O'zbekiston qismida neotektonik harakatlar amplitudasi 14000 metrga yetadi, Turan platformasining Orol-Ustyurt mintaqasida esa atigi 600 m. Orogendagi harakatlar amplitudasi platformadan 20 baravar yuqori. Ushbu mintaqalardagi zamonaviy vertikal harakatlarning tezligi taqqoslanadigan natijalarni ko'rsatadi: orogeniya yiliga -10 dan +10 mm gacha o'zgaradi va platformada 0 + 4 mm/yil oralig'ida o'zgaradi, platformada zamonaviy vertikal harakatlar tezligining sezilarli o'sishi kuzatiladi. O'rganilayotgan hududning hozirgi kuchlanganlik holatini matematik modellashirish natijalari muvaffaqiyatli qilinadi.

Kalit so'zlar: G'arbiy Tyan-Shan; matematik model; neotektonik harakatlar; neotektonika; zamonaviy harakatlar; kuchlanganlik holati; Turan platformasi.

The latest tectonics and the current tense state of the Aral-Ustyurt region of Uzbekistan**Yu.M. Sadiqov, A.A. Rashidov, M.Sh. Normuminov**

Annotation. The amplitude of neotectonic movements in the Uzbek part of the Western Tien Shan orogen reached 14000 m, whereas in the Aral-Ustyurt region of the Turan platform it is only 600 m. The amplitude of movements in the orogen is 20 times higher than on the platform. The speeds of the greatest modern vertical movements in these regions show comparable results: on the orogen it varies from -10 to +10 mm/year, and on the plate they vary within 0 + 4 mm/year. There is a significant increase in the speed of modern vertical movements on the platform. The results of mathematical modeling of the current stress state of the studied territory are also discussed.

Key words: Western Tien Shan; mathematical model; neotectonic movements; neotectonics; modern movements; stress state; Turan platform.