

Академия наук СССР.
Ордена Трудового Красного Знамени Геологический институт

На правах рукописи
УДК 551.248.2 (285.211)

С.Ф. Скобелев

Новейшая тектоника области сочленения Памира и Тянь-Шаня
(соотношение складчатости и орогенеза)

(специальность 04.00.04 - геотектоника)

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Москва
1984 г.

Работа выполнена в Ордена Трудового Красного Знамени Геологическом институте Академии наук СССР.

Научный руководитель: доктор геолого-минералогических наук
В.Г.Трифонов

Официальные оппоненты: доктор геолого-минералогических наук
В.С.Буртман (ГИН АН СССР)
доктор геолого-минералогических наук
В.К.Кучай (ИГиГ СО АН СССР)

Ведущее предприятие - Институт геологии АН Таджикской ССР

Защита состоится 15 марта 1984 г. в 14³⁰ час.

на заседании Специализированного совета Д002.51.02 по геологии, геотектонике, геологии морей и океанов при Геологическом институте АН СССР по адресу: 109017, Москва К-17, Пыжевский пер., дом 7.

С диссертацией можно ознакомиться в Библиотеке геологической литературы Секция наук о Земле по адресу: Москва, Старомонетный пер., д. 35.

Автореферат разослан 1984 г.

Ученый секретарь
Специализированного совета

В.А.Швольман

ВВЕДЕНИЕ: ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. Соотношение складко- и горообразования в пространстве и во времени, различия между деформациями поверхности Земли и дислокациями горных пород, их соотношение с глубинной структурой земной коры (литосферы), отраженной в геофизических полях, были и остаются важными и до конца не решенными вопросами геотектоники. От решения этих вопросов зависит понимание процессов, происходящих в областях сближения континентальных плит - процессов наименее освещенных теорией плитной тектоники. Это определяет актуальность предлагаемой работы, в которой рассматривается морфология, пространственные соотношения и эволюция новейших (N - Q) складчатых и орогенных структур уникальной тектонической зоны сочленения Памира и Тянь-Шаня, обязанной своим возникновением сближению континентальных масс Индостана и Евразии.

Цель исследований - изучение морфологии, кинематики и истории развития новейших складчатых и орогенных структур области сочленения Памира и Тянь-Шаня и сопредельных с ней территорий.

Основные задачи, решаемые в работе:

1. Изучение морфологии, эволюции и генезиса складчатой (альпийской) структуры мезозойско-кайнозойских толщ между сводами Памира и Тянь-Шаня (хребты Петра Первого, Заалайский), т.е. структуры осадочного чехла.

2. Анализ морфологических особенностей и последовательности проявления процессов новейшего горообразования.

3. Изучение соотношений новейших структур осадочного чехла и кристаллического основания.

Поскольку при решении этих задач использовались материалы съемок Земли из космоса, в особую задачу выделялись методические вопросы их конкретного применения.

Защищаемые положения. 1. Разнообразные складчато-разрывные дислокации в толще мезозойско-кайнозойских отложений образуют закономерный ряд усложняющихся структурных парагенезов: от простых цилиндрических, изоклиальных, коробчатых складок к сложным складко-покровам; ряд, в котором соблюдается подобие структур разного ранга, от структур, размеры которых измеряются метрами, до структур, размеры которых - километры - десятки километров. Дислокации отдельных слоев принципиально не отличаются от дислокаций многослойных толщ. При этом морфология структуры зависит от относитель-

ной пластичности и длительности деформирования слоя (толщи). Угруппирование ранга структур связано с нарастающей, вследствие тектонических дислокаций, гомогенизацией среды.

2. Формирование складчатой и орогенной структур происходит в течение длительного времени и в условиях субгоризонтального сжатия литосферы. Складко- и горообразование представляют собой две стадии единого непрерывного тектонического процесса сближения блоков литосферы Евразии и Индостана. Геофизические материалы позволяют сделать вывод о том, что орогенными деформациями дисгармонично охвачены все слои литосферы, что приводит к ее современной тектонической расслоенности.

Научная новизна. В результате проведенных исследований уточнены морфология складчатой (альпийской) структуры мезозойско-кайнозойского осадочного чехла, модели структуры кристаллического основания и глубинного строения литосферы региона. Получены дополнительные доказательства сближения сводов новейших поднятий Памира и Тянь-Шаня - краевых частей литосферных блоков Индостана и Евразии. Показана эволюция складчатой структуры в процессе складко- и горообразования. Орогенная структура хребтов Петра Первого и Заалайского развивается из альпийской структуры мезозойско-кайнозойского чехла, как структура более крупного ранга. Приведены доказательства тектонической расслоенности литосферы. Результаты работы позволяют выявить некоторые общие закономерности формирования структуры Альпийско-Центральноазиатского горного пояса.

Практическое значение.

Полученные новые данные о структуре осадочного чехла и основания региона уточняют тектонические предпосылки для долгосрочного сейсмического прогноза и поисков полезных ископаемых. В частности, новые данные о новейших структурах области сочленения Памира и Тянь-Шаня позволяют уточнить сеймотектоническое районирование этого весьма сейсмоопасного региона, вступающего в связи со строительством Рагунской ГЭС в стадию интенсивного хозяйственного освоения.

Материалы космических съемок повышают качество и значительно уменьшают затраты на проведение среднемасштабного геологического картирования. Применение космических снимков при анализе глубинного строения территории позволяет повысить надежность геологической интерпретации геофизических данных и выбрать наиболее информативные участки для проведения детальных геофизических работ.

Методика исследований. На большей части хребта Петра Первого и западной части Заалайского хребта площадью около 4800 км² прове-

дено геологическое картирование структуры мезозойско-кайнозойских отложений в масштабе 1:100 000. Для изучения структуры наиболее труднодоступной части хребта Петра Первого и большей части Заалайского хребта применялось, кроме того, камеральное и полевое дешифрирование космических снимков с проверкой контрольными маршрутами его результатов. Анализ орогенной структуры проводился путем сопоставления деформации поверхностей выравнивания на поднятиях с деформациями коррелятных образований впадин. По количеству молодых врезов в поверхностях выравнивания уточнялся их возраст. Кроме того использовались космические снимки разного масштаба, результаты дешифрирования которых сопоставлялись с геофизическими, в основном сейсмологическими материалами по методике, изложенной нами ранее (Макаров, Скобелев и др. 1974). Этот комплекс данных позволил рассмотреть новейшую структуру региона во всем объеме литосферы.

Фактическая основа работы. Материалы, положенные в основу диссертации, получены автором в результате двенадцатилетних исследований, проведенных на территории Таджикистана в качестве сотрудника лаборатории неотектоники и космической геологии ИГи АН СССР.

Основными объектами исследований являлись хребет Петра Первого и западная часть Заалайского хребта.

Апробация работы. Результаты работы докладывались на совещаниях Объединенной Советско-Американской рабочей группы по изучению природной среды космическими средствами (1973, 1974, 1975, 1976 гг.); на совещаниях Рабочей группы социалистических стран по дистанционному зондированию Земли космическими средствами (1976, 1977, 1978 гг.); на I-ой Всесоюзной школе-семинаре по исследованию земных ресурсов средствами космической техники (1975), а также на заседаниях Секции "Космическая геология" Комиссии АН СССР по исследованию природных ресурсов Земли космическими средствами (1979, 1980 гг.) и конгрессе ИНКВА (1982).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 15 научных работ, в том числе две коллективных монографии.

Объем и построение работы. Диссертация (150 стр. текста) состоит из "Введения", пяти глав и "Заключения", иллюстрирована 47 рисунками и схемами. Список литературы содержит 226 наименований.

Работа выполнена в лаборатории неотектоники и космической геологии Геологического института АН СССР под руководством доктора геолого-минералогических наук В.Г. Трифонова, которому автор глубоко

признателен. В полевых работах автора в разные годы принимали участие Т.П.Иванова, В.К.Кучай, В.И.Макаров, В.В.Степанов, П.В.Флоренский. Кроме них в процессе подготовки работы автор консультировался и обсуждал ее отдельные части с М.Л.Баженовым, О.И.Гущенко, В.Г.Коньгиным, М.Г.Леоновым, А.В.Лукьяновым, В.С.Пономаревым, Г.Н.Шениным, Д.М.Расцветаевым, О.В.Соболевой, Ю.К.Щукиным. Большую техническую помощь в сборе материала и подготовке диссертации оказали А.Л.Ауз, Г.И.Волчкова, С.А.Настоящий, В.Н.Питомцев, А.Л.Юшин. Всем перечисленным лицам автор выражает искреннюю благодарность.

Глава I. Развитие тектонических представлений о новейшей структуре зоны сочленения Памира и Тянь-Шаня

Зоной сочленения Памира и Тянь-Шаня в работе названа узкая полоса распространения мезозойско-кайнозойских отложений, смитых в высокие хребты почти смыкающимися выпуклыми навстречу друг другу дугами хребтов Памира и Тянь-Шаня, которые сложены преимущественно палеозойскими образованиями.

Северная граница зоны проходит по северному, правому борту долины рек Вахш, Сурхоб, Кызылсу, южная - вдоль тектонического контакта палеозойских образований Северного Памира и мезозойско-кайнозойских образований хребтов Петра Первого и Заалайского, т.е. вдоль Северопамирского (Каракульско-Момукского) разлома. Она частично совпадает с южными бортами долин рек Хингоу, Муксу и Маркансу. Западная и восточная границы зоны проходят примерно по 70° и 74° в.д.

Бывшая некогда восточной частью Таджикской депрессии и составлявшая единое целое с Таримской впадиной, зона сочленения Памира и Тянь-Шаня большей своей частью орографически выражена высокими хребтами - Петра Первого и Заалайским, которые образуют с Памиром единый свод новейшего поднятия. От Тянь-Шаня (Гиссаро-Алая) они отделены сквозной долиной рек Вахш-Сурхоб-Кызылсу, состоящий из нескольких впадин, реликтов прежней структуры, самая крупная из которых - Алайская.

Начало геологическому изучению зоны сочленения Памира и Тянь-Шаня, так же как и всего региона, было положено в конце прошлого века исследованиями Д.Л.Иванова, И.В.Мушкетова и Г.Д.Романовского. Из обобщения их результатов (Мушкетов 1887, 1915) родилась концепция тектонического "стяжения" Памира и Тянь-Шаня в единую структуру -

Памиро-Алай.

Позднее, после исследований, проведенных в начале нашего столетия Р.Клебельсбергом (1922) и Д.В.Наливкиным (1926) возникло представление о тектонической границе между Памиром и Тянь-Шанем, и перекрытии дугами Памира дуг Тянь-Шаня, которое оспаривалось Д.И.Мушкетовым (1919).

Систематическое изучение геологии региона Таджикской комплексной, позднее Таджикско-Памирской, экспедицией с конца двадцатых годов наряду с массой фактического материала, детализировавшего предшествующие представления, породило дискуссию о местонахождении тектонической границы между Памиром и Тянь-Шанем и о взаимоотношении их структур. Не подвергая сомнению идею тектонического сближения Памира и Тянь-Шаня, часть исследователей считала, что Памир не перекрывает Тянь-Шань (А.П.Марковский, П.К.Чихачев, В.И.Попов, Д.Н.Мушкетов, А.Р.Бурачек, А.В.Пейве), тогда как другие доказывали это перекрытие (Д.В.Наливкин, И.Е.Губин).

Позднее, в пятидесятые-шестидесятые годы сама идея тектонического сближения Памира и Тянь-Шаня отвергалась многими исследователями (Б.П.Петрушевский, Б.П.Бархатов, Н.Н.Леонов, М.М.Кухтиков, В.Н.Крестников, Н.П.Костенко, О.К.Чедия, В.В.Васильев, В.В.Лоскутов и другие). В это время она отстаивалась И.Е.Губиным (1960), чьи работы легли в основу современных представлений о тектонической структуре региона, С.А.Захаровым, А.В.Пейве и другими. В последние годы эти взгляды развиваются в работах В.С.Фуртмана, В.К.Кучая, О.И.Гущенко, В.В.Степанова, В.Г.Трифорова, В.Н.Шевченко, О.К.Чедия.

В результате проведенных с начала века до настоящего времени исследований можно считать установленным следующее.

1. Общее сжатие земной коры региона и сближение Памира и Тянь-Шаня находит наиболее яркое выражение в надвигании на север мезозойско-кайнозойских толщ, слагающих хребты Петра Первого и Заалайский. Выделенный И.Е.Губиным (1940) в качестве тектонической границы Вахшский надвиг является сложной геологической структурой, состоящей из многих тектонических чешуй и разрывов. Сближение Памира и Тянь-Шаня определило морфологию складчатой структуры мезозойско-кайнозойских толщ. Общее сжатие земной коры региона устанавливается также тектодинамическими и сейсмологическими исследованиями.

2. Дугообразность тектонических структур Памира вторична, имеет тектоническую природу. Высказанное в виде предположения в двадцатые годы, это подтвердилось в последние годы палеомагнитными исследованиями.

3. Давление с юга обуславливает не только сжатие в субмеридиональном направлении, но и перемещение горных масс из зоны сочленения Памира и Тянь-Шаня в стороны. Выдвинутое Н.П.Херасковым (1932) для объяснения происхождения складок Таджикской впадины предположение о таком перемещении позднее аргументировалось данными геологии, геодезическими и сейсмологическими наблюдениями.

4. В орогенной структуре региона наиболее ярко выражены вертикальные перемещения не только новейших сводов Памира и Тянь-Шаня, но и зоны их сочленения. В связи с этим подавляющее большинство исследователей связывает формирование новейшей структуры с субвертикальными перемещениями земной коры, но данные об интенсивности позднечетвертичных горизонтальных перемещениях вдоль Памира и Тянь-Шаня (Трифонов 1976, 1983) допускают такие перемещения и на более ранних этапах.

Глава II. Геологическая структура мезозойско-кайнозойского покрова.

2.1. Морфология альпийской и орогенной структур на изображениях Земли из космоса.

Геологическая структура на изображениях Земли из космоса дешифрируется по комплексу признаков, которые зависят от разрешения (масштаба) снимка, условий залегания и состава толщ горных пород, их эрозивной расчлененности, почвенно-растительного покрова и т.п. Вопросы методики геологического дешифрирования аэрокосмических изображений ранее подробно и неоднократно рассматривались многими исследователями, в том числе и автором применительно к данному региону (Геологическое ... 1978).

Благодаря закономерному соотношению контрастных по цвету (тону) и литологии пород в разных по возрасту и мощности толщах, наличию четких и устойчивых фотомаркирующих горизонтов, крутых и протяженных склонов, на аэрокосмических снимках дешифрируются разные по рангу (размеру) структуры - от десятков метров до десятков километров - складки, покровные и надвиговые чешуи, четко определяется структурная позиция гипсовых тел, постэрозивных покровов и оползней. Это оказалось особенно важным при изучении структуры труднодоступных водоразделов хребтов Петра Первого и Заалайского.

На разномасштабных аэрокосмических изображениях убедительно проявляется подобие структурных форм разных рангов - от макро - до мезоуровней, а именно: подобие морфологии структур в отдель-

ных литологически сходных слоях структурам в близких по литологии толщах, и во всем объеме мезозойско-кайнозойского покрова. При этом обнаруживается подобие форм орогенной структуры, проявленной в деформациях рельефа, простым структурным формам в наименее пластичных толщах.

Анализ дешифрируемых на снимках рисунков структурных парагенезов разного ранга подтвердил ранее существовавшие предположения о закономерностях формирования структуры мезозойско-кайнозойского покрова, смятого в хребты Петра Первого, Заалайский и Вахшский, в результате сближения Памира и Тянь-Шаня, а также связь структур Петрозаалайского поднятия со структурами покрова Таджикской депрессии.

2.2. Структуры мезозойско-кайнозойского покрова и их эволюция.

Морфологические особенности структуры могут служить индикатором тектодинамических условий ее формирования.

Мезозойско-кайнозойский чехол зоны сочленения Памира и Тянь-Шаня залегает на более жестком фундаменте из преимущественно палеозойских образований. В нем километровые толщи нижнемеловых и неогеновых красноцветных терригенных пород образуют два жестких комплекса, которые разделены пластичным комплексом морских карбонатно-глинистых пород верхнего мел-палеогена и подстилается аналогичными юрскими толщами. В каждом из них чередуются слои разной пластичности, - глины, аргиллиты, песчаники, известняки и, таким образом, чередование жестких и пластичных слоев повторится здесь в более малом ранге, чем во всей толще мезозойско-кайнозойских отложений.

Поэтому для анализа структурных парагенезов складчато-разрывных деформаций был применен метод подобия структур (Лукьянов, 1980). В разных по мощности пластах известняков и песчаников разного возраста изучались морфологические особенности складок и разрывов. В результате было установлено, что усложнение форм складок происходит в зависимости от продолжительности деформации, испытываемой слоями, так как складки в более молодых отложениях имеют более простую форму, чем в древних. Установлен эволюционный ряд от простых цилиндрических складок к сложным изоглиральным складкам и складко-покровам (Скобелев, 1977).

Модели структур, наблюдаемые в отдельные пластах, аналогичны по морфологии более крупным структурам, образованным литостратиграфическими комплексами, - нижнемеловым, верхнемеловым - палеогеновым

и олигоцен-миоценовым.

При укрупнении ранга деформации от десятков метров до десятков километров все большую роль приобретает тектоническое течение горных пород, при котором пластичность толщ усиливается "гипсовым меланжем", образующимся по тектоническим контактам, подобно тому, как пластичность слоев в верхнемеловой толще усиливается течением гипсов. В целом, структура северных и южных склонов Петрозаалайского поднятия может быть охарактеризована как "структура истечения" (Гогель, 1969), с характерными для нее преимущественно запрокинутыми складками и лежащими складко-надвигами и складко-покровами. Характерно образование покровов первого и второго родов, а также покровов без перемещения.

Движение горных масс осуществляется не только с юга на север, но и востока на запад. Это проявляется в последовательном, с востока на запад, перекрытии северных цепей складок надвиговыми чешуями, пластинами и покровами, первоначально располагавшимися южнее. Наиболее сложные структуры, вплоть до метаморфизованных осадочных толщ, расположены в вершине Памирской дуги - в восточной части хребта Петра Первого и западной части Заалайского хребта. На восток и на запад от центра дуги структуры упрощаются. Кроме того структура в целом упрощается по мере омоложения деформированных образований. В нижнемеловых песчаниках она сложнее, - изоклиналильные складко-надвиги, грибовидные складки и складко-покровы, чем в неогеновых конгломератах (Скобелев, 1977).

2.3. Проблема гипсов. Ранее предполагалось (Губин, 1940, 1960), что гипсовые тела, встречающиеся на северных склонах хребтов Петра Первого и Заалайского, представляют собой вскрытую в тектонических окнах юрскую галогенную толщу, по которой скользили покровы "Вахской надвиговой зоны". По нашим представлениям структурное положение гипсовых тел в зоне сочленения Памира и Тянь-Шаня не столь однозначно. Как правило, они не только ограничены, но и все приурочены к тектоническим контактам. Изменчиво их положение в структуре, возраст вмещающих пород - от нижнемелового до палеогенового, - и происхождение - от нормально осадочных до метасоматических (замещение известняков на гипсы). Гипсовые тела рассредоточены по всему разрезу мезозойско-кайнозойских отложений, за исключением неогеновой молассы, и они способствуют тектоническому течению горных пород на всех уровнях структуры осадочного чехла.

2.4. Выводы. Альпийская складчатая структура хребтов Петра

Первого и Заалайского по своей сложности не однородна. Первоначально возникшие простые складки в процессе развития трансформировались в веерные, пережатые веерные, реже грибовидные складки и, наконец, в тектонические покровы, почти не перемещенные от своих корней. Разрывные нарушения тесно связаны со складчатой структурой и многие из них развиваются как близкие к напластованию срывы.

Значительное упрощение форм складок в олигоцен-миоценовых отложениях следует расценивать не столько как результат изменения тектонического режима, сколько как следствие меньшей продолжительности и, соответственно, меньшей величины тектонических деформаций. Под действием начавшихся ранее, не позднее эоцена, однонаправленных движений меловые и палеогеновые отложения претерпевают более сложные деформации, чем миоценовые и, тем более, плиоцен-четвертичные.

Геологическая структура хребтов Петра Первого и Заалайского характеризуется яркостью распределения деформаций разной степени сложности. Относительно небольшие, но сложные грибовидные складки в нижнемеловых отложениях формируются структурно выше, чем более простые по морфологии, но большие по величине коробчато-грибовидные складки. Вероятно, еще больше изменена структура на границе жесткого фундамента и осадочного чехла, где наиболее вероятно преобразование складок в линзовидные чешуи. В верхних горизонтах осадочного чехла деформации усиливаются надвигом и покровообразованием, дисгармоничной складчатостью, т.е. тектоническим течением пород в наиболее простом виде. Надвигание идет не только поперек основного простирания хребта, но и на запад, параллельно простиранию структур. Происходившее местами обтекание выступов жесткого фундамента вызывает искривление осей складок; таков крутой коленаобразный изгиб простирания структур на нижнем субмеридиональном отрезке долины р. Хингоу.

Существование массива Тянь-Шаня как жесткого упора на путидвигающихся к северу мезозойско-кайнозойских отложений вызывает образование в них сложных складчато-надвиговых и покровных дислокаций, которые вблизи земной поверхности реализуются разномасштабными зонами повышенной концентрации и разрядки тектонических напряжений.

Глава III. Орогенная структура.

3.1. Деформации, выраженные в рельефе.

Под орогенной структурой в работе понимается совокупность тектонических деформаций, выраженных в рельефе поверхности Земли, рас-

пределении и составе отложений, возникающих в процессе его преобразования.

Показателями интенсивности деформации, выраженных в рельефе, служат: относительные превышения, достигающие в зоне сочленения Памира и Тянь-Шаня четырех километров; глубина эрозионного вреза, которая в среднем составляет около 500 м, а местами достигает 2 км; положение сохранившихся фрагментов разновозрастных поверхностей выравнивания и (или) "исходного уровня денудации" (Марков, 1947, Хаин, 1973). Положение "исходного уровня денудации" в зоне сочленения Памира и Тянь-Шаня определяется положением верхнеолигоценовых сумсаро-шурьсайских слоев, еще морских, но уже красноватых, которые широко развиты в Таджикской депрессии и сохранились на юго-западных склонах хр. Петра Первого. Здесь они дислоцированы и, в зависимости от положения в структуре, подняты до 4 км от водораздельной части хребта или погребены под полутораклометровой толщей более молодых отложений в долине р. Хингоу.

Из-за ограниченного распространения "исходного уровня денудации" для реконструкции новейших (N - Q) тектонических движений использовались разновозрастные поверхности выравнивания, объединяемые в региональные уровни, общие для Памира, Тянь-Шаня и зоны их сочленения, которые коррелировались с синхронными им отложениями и уровнями в Таджикской депрессии и других впадинах.

По этим данным оценивались амплитуды новейших вертикальных движений (Т.П. Батусов, В.А. Бельский, А.Р. Бурачек, В.В. Васильев, Н.П. Костенко, В.Н. Крестников, В.В. Лоскутов, Е.Я. Рандман, А.А. Никоннов, О.К. Чедия и другие). Наиболее полное представление о структуре дают реконструкции позднеолигоценовой поверхности выравнивания на Заалайском хребте (Н.Н. Дзюнов, О.П. Сапов) и, лучше сохранившейся, широко развитой на большей части хр. Петра Первого древнечетвертичной поверхности (В.К. Кучай, О.К. Чедия, В.Н. Крестников и др.). Древнечетвертичная поверхность поднята на своде хребта на высоту более 3 км, а во впадинах долины р. Сурхоб опущена почти на такую же глубину. Эта поверхность нарушена многочисленными разрывами. С.А. Захаров (1969) показал асимметричный изгиб среднечетвертичной поверхности в западной части хребта Петра Первого, более крутой на его северном склоне.

Реконструкции "исходного уровня денудации" и более молодых поверхностей выравнивания, асимметричный изгиб среднечетвертичной поверхности и другие геолого-геоморфологические данные позволяют рассматривать Петрозаалайское поднятие как мегаскладку со смещен-

ным к северу сводом. Вдоль северного склона поднятие протягивается кулисный ряд более мелких средне-позднеплейстоценовых антиклиналей, образующих водоразделы почти равновысокие с главным.

3.2. Соотношение основных элементов орогенной структуры поднятий и прогибов.

В предшествующих исследованиях зоны сочленения Памира и Тянь-Шаня сравнительно мало внимания уделялось соотношению основных форм новейшей структуры - поднятий и прогибов. В современной структуре реликтами Предгиссароалайского предгорного прогиба являются впадины Гармско-Новобадская (Лабиджарская), Ляшская и Алайская, а Предсеверопамирского - Хингоуская и Маркансуйская. Они характеризуются развитием комплекса неоген-четвертичных отложений разной мощности, разного возраста и генезиса.

Структура северного борта Предгиссароалайского прогиба, т.е. подножий южных склонов Гиссаро-Алая, довольно проста. На погружающемся к югу, не круче 60°, фундаменте залегают меловые, местами неоген-четвертичные, образования, смятые в очень простые складки облекания. Южный борт Предгиссароалайского прогиба прекрывается надрвинутыми с юга мел-палеогеновыми отложениями северных склонов Петрозаалайского поднятия. Реликты Предсеверопамирского прогиба, Хингоуская и Маркансуйская впадины, сохранились значительно лучше. Заполняющие их неоген-четвертичные толщи подняты почти на 2 км выше, чем в Предгорногиссарском прогибе и более сложно дислоцированы. По мощности (около 5 км) они втрое превышают комплекс молассовых образований Предгорногиссарского прогиба.

Нижняя красноватая толща молассового комплекса литологически сходна как в Предгорногиссарском, так и Предсеверопамирском прогибах. Это позволяет предположить, что разделение на два прогиба, т.е. возникновение Петрозаалайского поднятия началось не ранее накопления верхнего сероцветного комплекса новейшей молассы, а именно: конца миоцена - начала плиоцена. Локализация плиоцен-четвертичных отложений в узких зонах, вдоль оси прогибов, позволяет предположить сокращение их ширины и, в целом, общее сближение поднятий Северного Памира и Южного Тянь-Шаня.

Общую направленность тектонических движений на новейшем этапе характеризует и то, что южные борты Предгиссароалайского и Предсеверопамирского прогибов, соответственно, перекрываются надрвинутыми на них краями Петрозаалайского поднятия и свода Северного Памира. В Вахшской надвиговой зоне, отделяющей Петрозаалайское поднятие от

прогиб надвигание происходит с конца плейстоцена. Структурообразование в мезозойско-кайнозойских толщах (см. гл. II) продолжается и в настоящее время. Многие тектонические покровы, так называемые постэрозийные, сформировались в среднем плейстоцене; надвигами нарушены и некоторые из поверхностей выравнивания этого возраста. Существенной особенностью структурообразования на орогенной стадии явилось то, что деформациями была охвачена вся толща мезокайнозойских отложений, что проявилось в деформациях поверхностей выравнивания, которые аппроксимируют дислокации слоев.

Таким образом Петрозаалайское поднятие представляет собой систему собранных в асимметричную мегантиклиналь складок: синформ и антиформ. Она запрокинута к северу и надвинута на свое северное подвернутое крыло и смежный предгорный прогиб. Пакеты надвиговых чешуй северных склонов хребтов Петра Первого и Заалайского как бы кливажируют шарнир этой мегаскладки. Ее верхнее крыло полого и синформно изогнуто. Южнее водораздела оно образует крутую флексуру, и на нем залегают толща новейшей молассы.

Деформации рельефа независимы от деформаций фундамента, но подчинены (и отчасти синхронны) деформированию облегающих сводов Памира и Тянь-Шаня, что отражается в общих для них системах линиamentов (см. ниже).

Глава IV. Соотношение структур основания и чехла

4.1. Отражение глубинной структуры земной коры региона на средне- и мелкомасштабных изображениях из космоса.

На космических снимках среднего и малого разрешения отражаются такие особенности строения, которые, по крайней мере, на порядок больше наблюдаемых с поверхности Земли. Как было показано нами ранее (Макаров, Скобелев и др. 1974), они являются отражением глубинного строения земной коры региона, — складок основания и соответствующих им систем линиamentов.

Памир, Тянь-Шань и зона их сближения пересекаются ортогональными и диагональными системами линиamentов, которые, как показывает сопоставление с геофизикой, отражают структурные планы литосферы на разной глубине, т.е. характеризуют различные по объему ее однородно деформированные участки. Так, ортогональная система преобладает на мелкомасштабных (разрешение на местности 1 км) изображениях, и соответствует прослеживаемым до подошвы земной коры структурам. Диагональная система, северо-западных и северо-восточ-

линиamentов на среднемасштабных изображениях (разрешение на местности около 200 м) соответствует зонам нарушений в структуре верхней части земной коры.

4.2. Характеристика структуры земной коры по геофизическим данным.

Гравиметрия и магнитометрия дают наиболее общую и простую модель строения литосферы региона, в которой земная кора имеет трехслойное строение и состоит из отдельных блоков. Общее увеличение мощности коры по этим данным отмечается под Памиром (до 80 км) и под Тянь-Шанем (до 60-70 км), под которые ступенчато погружается граница, принятая за подошву земной коры. Локальные аномалии соответствуют в большинстве случаев локальным структурам — поднятиям и впадинам, которые в новейшей структуре выражены хребтами — антиклиналями Таджикской депрессии, деформациями мезозойско-кайнозойских отложений и, в меньшей мере, погребенного под ними кристаллического фундамента. В общем виде модели земной коры региона, построенные по данным гравиметрии, магнитометрии и сейсмологии, согласуются между собой. При этом данные сейсмологии позволяют получить более подробную характеристику глубинной структуры, но и они не дают однозначно интерпретируемой модели. Анализ и сопоставление данных разных исследователей позволяет считать достаточно определенными следующие особенности строения земной коры региона.

1. Поверхность эоценового фундамента ("гранитного" слоя) на сводах Памира и Тянь-Шаня поднята на высоту около 6 км. От Тянь-Шаня она круто погружается на юг до глубин 9-12 км, при этом плавно воздымается на восток и также плавно погружается на запад, к Таджикской депрессии. Рельеф этой поверхности дискордантен новейшим структурам не только хребтов Петра Первого и Заалайского, но и Северного Памира, что позволяет предположить срыв чехла с основания и надвигание Северного Памира к северу.

2. Поверхность Мохоровичича в депрессии располагается в среднем на глубинах 35 — 40 км и на глубине 45 км находится под Петрозаалайским поднятием. Она погружается под Восточный Памир на глубину до 80 км и под Тянь-Шань до 60, местами 70 км. Имеет место зеркальное соответствие рельефа поверхности Земли рельефу поверхности Мохоровичича.

3. Важнейшей особенностью старения земной коры Памиро-Тянь-Шанского горного узла является расслоенность коры, т.е. чередование слоев с повышенными и пониженными скоростями распространения сейс-

мических волн.

4. Высокоскоростной массив Северного Памира залегает на слое с пониженными скоростями сейсмических волн, что можно интерпретировать как шарьирование Северного Памира на 200 км к северу, на разделявший Памир и Тянь-Шань палеопрогиб. Фундамент зоны сочленения Памира и Тянь-Шаня по физическим свойствам пород, вероятно близок к протерозойско-палеозойским породам Гиссаро-Алая.

5. Наибольшая неоднородность в строении земной коры и увеличении ее мощности проявляется в местах наибольшего "тектонического скучивания" структур, — зонах сопряжения горных сооружений с впадинами и, в том числе, в зоне сближения Памира и Тянь-Шаня. Это позволяет предположить, что расслоенность, устанавливаемая по геофизическим данным, является следствием тектонического сближения Памира и Тянь-Шаня как краевых частей литосферных блоков Индостана и Евразии. Морфологическим выражением такого движения является увеличение мощности земной коры почти вдвое, т.е. формирование складок оснований наиболее крупного ранга, а под Памиром, кроме того, и увеличение вдвое мощности верхнекорового слоя.

6. Решения механизмов очагов землетрясений в регионе, геодезические измерения, а также тектодинамический анализ трещин указывают на почти субмеридиональное субгоризонтальное сжатие литосферы в зоне сочленения Памира и Тянь-Шаня. Палеомагнитными измерениями устанавливается вторичная, тектоническая природа дугообразного изгиба мезозойско-кайнозойских образований, слагающих хребты Заалайский, Петра Первого и Дарвазский, которые образуют внешнее обрамление Памира.

Совместная интерпретация результатов дешифрирования разно-масштабных изображений Земли из космоса и геофизических материалов подчеркивает линзовидное строение земной коры региона, ее расслоенность, вызванную тектоническим скучиванием структур на границе сближения литосферных блоков.

Глава У. История формирования новейшей структуры

Становление и развитие новейшей структуры зоны сочленения Памира и Тянь-Шаня, особенности ее морфологии, очевидно отличающие ее от Копет-Дага, Кавказа и, в меньшей степени, Альп, определяются рядом моментов в претектонической истории ее формирования. Эта специфика заключается в том, что к началу формирования новейшей структуры зоны

сочленения Памира и Тянь-Шаня, Гиссаро-Алай и Северный Памир существовали как возвышенности и положительные структуры земной коры, — складки основания. Они оставались таковыми на протяжении всего мезозоя и кайнозоя, сближаясь друг с другом. Вследствие этого сближения происходило сокращение ширины палеопроггиба и формировались как первоначальная складчатая структура мезозойско-кайнозойских толщ, так и их современная складчатая, а также ортогенная структуры региона.

По мнению многих исследователей (О.С.Вялов, И.Е.Губин, С.А.Захаров, В.В.Степанов и др.), складчатость в мезозойско-кайнозойских толщах началась в эоцене. Вероятно, в эту тектоническую фазу зарождаются сравнительно простые коробчатые складки, развившиеся впоследствии, олигоцене-плиоцене, в грибовидные складки, а те — в тектонические покровы, которые в дальнейшем могли испытать более или менее значительные перемещения. Деформации осадочных толщ определялись не только субгоризонтальными сжимающими напряжениями, но и гравитационными явлениями, в частности, течением горных масс к оси прогиба. Эволюции складок способствовало течение гипсов, имеющих сейчас, главным образом, вторичное тектоническое залегание и нередко образующих подобие тектонического меланжа. Однонаправленность тектонического течения осуществлялась на фоне более общего движения к северу блока Индостана. Она проявлялась в надвигании Памира на север, на палеопрогиб, разделявший в ире-олигоцене Памир и Тянь-Шань, а позднее в надвигании Северного Памира на его предгорный прогиб, а Петрозаалайского поднятия — на Предгиссароалайский прогиб.

С началом накопления новейших молассовых толщ создаются предпосылки, усиливающие роль гравитационного фактора в формировании современной структуры Петрозаалайского поднятия. Под тяжестью накопившейся к концу миоцена красноцветной молассовой толщи мощностью около двух километров, карбонатно-глинистые образования верхнего мела-палеогена начинают раздавливаться и в конце миоцена — начале плиоцена в центре палеопроггиба зарождается осевое поднятие, цепочка диапироподобных структур, разделявшая палеопрогиб на Предгиссароалайский и Предсеверопамирский прогибы. С более интенсивно растущего свода Памира происходил большой свос осадочного материала и, соответственно, течение горных масс, их выдавливание, шло о юга на север. При этом накопление осадков локализуется, смещаясь к краям сводов Памира и Тянь-Шаня, и тем самым увеличивается эффект нагнетания масс под осевое поднятие и, соответственно, рост Петроза-

алайского поднятия. Оно развивается как мегаскладка, составленная из пакетов отдельных складок и чешуй, надвигающаяся на Предгиссароалайский прогиб и вызывающая в нем деформации, сходные с деформациями начала складкообразования первой стадии. В процессе надвигания происходит срыв структур мезозойско-кайнозойских отложений, которые начинают развиваться в значительной мере автономно от структур кристаллического основания, как это и отмечал ранее И.Е.Губин. Глубинный надвиг такого же типа, но, по-видимому, несколько более раннего заложения формируется по границе Северного Памира и Предсеверопамирского прогиба. Возможно, на глубине оба надвига сливаются в единую поверхность срыва.

Сравнение морфологии Таримской впадины, Таджикской депрессии и зоны сочленения Памира и Тянь-Шаня - впадин, некогда связанных в единое целое, показывает, что морфология новейшей структуры в значительной мере зависит от ее расположения относительно области наибольшего сближения литосферных блоков и от жесткости фундамента (земной коры) в этом участке. Так, в Таримской впадине, где мезозойско-кайнозойские толщи накапливались на древней, допалеозойской континентальной коре, практически отсутствует складчатость в чехле (за исключением узких зон дислокаций по краям и в центре впадины). Таджикская депрессия характеризуется однородным распределением деформаций по всей площади, и наиболее молодые структуры располагаются в ее центре. Более молодой и менее жесткий, чем Таримский, фундамент Таджикской депрессии дислоцирован в систему субширотных поднятий и прогибов, discordантных к деформациям чехла и нижней части коры, преимущественно субмеридиональным. Наконец, наибольшей сложности структура достигает в зоне сочленения Памира и Тянь-Шаня, первоначальная ширина которой сократилась примерно в четыре раза.

Хотя орогенез наступает вслед за складчатостью, отдельные проявления этих процессов могут быть синхронными. В одном и том же районе альпийские и орогенные дислокации, отчасти развиваясь синхронно, образуют сложные сочетания (например, конседиментационные и конденсационные складки основания осложнены более мелкими складками чехла). Морфологическое сходство складок чехла, сложенных новейшими отложениями впадины и более ранних альпийских складок соседних поднятий, с которыми складки чехла образуют единый парагенезис структур, подчеркивает единообразие механизма их формирования в сходных тектодинамических условиях. Орогенные структуры не наследуют или наследуют лишь частично наиболее крупные альпийские структуры мезозойско-кайнозойских отложений. Они разви-

ваются на них и из них в продолжающихся условиях сжатия, но лишь тогда, когда складкообразовательные процессы приводят к выравниванию механических свойств пород чехла, его деформационной однородности и "дислокационному метаморфизму", приближающему породу чехла по физическим и механическим свойствам к породам основания. Поэтому орогенные структуры в значительной мере охватывают не только чехол, но и его основание. Сохраняющиеся различия механических свойств чехла и основания приводит к отслаиванию структур чехла и развитию глубинных срывов - надвигов, а неоднородностей основания - к его тектоническому расслоению.

Заключение

Результаты работы разделяются на:

1. Методические разработки.
2. Новые данные по региональной геологии и нектонике области сочленения Памира и Тянь-Шаня, основанные на полевых наблюдениях автора.
3. Обобщение данных о новейшей структуре зоны сочленения Памира и Тянь-Шаня как примера внутриконтинентального орогенеза.

Методическим достижением является применение космических снимков для структурно-геологического картирования и интерпретации геофизических данных. Элемент методической новизны есть и в комплексном применении структурно-геологических, структурно-геоморфологических, геофизических, сейсмологических данных и результатов дистанционного зондирования для объемного анализа новейшей структуры земной коры региона.

В результате личных полевых исследований:

1. Составлена геологическая карта масштаба 1 : 100.000 хребта Петра Первого и западной части Заалайского хребта, более детально, чем прежде, изображающая покровно-складчатую структуру мезозойско-кайнозойских образований.
2. Уточнена морфология альпийской разрывно-складчатой структуры мезозойско-кайнозойских отложений, эволюционирующей от простых складок в складко-покровы и отдельные шарьяжи; показана роль гипсов в тектоническом течении горных масс осадочного чехла.
3. Определены морфология и относительный возраст орогенных складок, - Петрозаалайского поднятия и прогибов: Предгиссароалайского, Предсеверопамирского; показано принципиальное генетическое сходство орогенной структуры и альпийской

ных складок осадочного чехла.

Обобщение данных о структуре осадочного чехла и орогенных деформациях, их сопоставление с геофизическими и сейсмологическими данными о глубинном строении региона привели к следующим выводам.

Общей причиной тектогенеза в зоне сочленения Памира и Тянь-Шаня было сжатие мезозойско-кайнозойского внутриконтинентального прогиба в результате сближения сводов Северного Памира и Гиссаро-Алая как отражение сближения Индостана с Евразией. При этом первоначальная ширина прогиба сократилась примерно в четыре раза, а Северный Памир, вероятно, сместился к северу почти на 200 км. По мере развития орогенной структуры региона возросла роль гравитации в ее формировании.

Развитие новейшей структуры происходило в две стадии, частично синхронные и вытекающие одна из другой. В первую стадию происходило сжатие неоднородных по механическим свойствам мезозойско-кайнозойских осадочных толщ прогиба, в которых структуры эволюционировали от простых коробчатых складок к более сложным складкам, складко-покровам и покровам. Во вторую, орогенную стадию структуры становятся крупнее из-за уменьшения гетерогенности слоистых осадочных толщ, обусловленного их тектоническим перемешиванием и метаморфизмом в первую стадию диастрофизма, т.е. горообразование обусловлено теми же тектодинамическими причинами, что и складкообразование, но при изменившихся физических свойствах осадочного чехла. В процессе роста и надвигания Петрозаалайского и Северопамирского орогенных поднятий сужались и редуцировались сопряженные с ними Предгиссаро-алайский и Предсеверопамирский прогибы. Сжатие зоны сочленения Памира и Тянь-Шаня достигло максимума в западной части Заалайского хребта, откуда шло отжимание горных масс к западу и востоку - в участки с менее интенсивным сжатием земной коры.

Анализ геофизических и сейсмологических данных показывает дисгармонию разноглубинных уровней земной коры и позволяет предполагать существование субгоризонтальных и пологих поверхностей срыва и перемещения горных масс не только в подошве осадочного чехла, но и на более глубоких уровнях земной коры, т.е. ее тектоническую расчлененность. Дисгармония и автономность деформаций разных слоев земной коры, вероятно, обусловлена различиями их механических свойств.

Представляется, что изложенные выводы о соотношении процессов складко- и горообразования, о механизме и кинематике альпийских структур осадочного чехла и их относительной автономности от структур основания имеют не только региональное, но и общетеоретическое

значение.

Практическое значение работы состоит в том, что полученные новые данные о геологическом строении и неотектонике региона уточняют тектоническую основу поисков полезных ископаемых, долгосрочного сейсмического прогноза и сейсмического районирования.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих основных работах автора.

1. Глубинная структура земной коры на космических изображениях (соавторы В.И.Макаров, В.Г.Трифонов, П.В.Флоренский, Ю.К.Шукин) В сб. "Исследования природной среды космическими средствами", т.2, Геология и геоморфология", М., "ВИНИТИ", 1974, с.9-42.
2. Голоценовые тектонические деформации и оползни в Вахшской надвиговой зоне (соавтор П.В.Флоренский) Геотектоника, 1974, № 5, с.104-107
3. Горизонтальное сжатие и развитие складок на хребте Петра I. Геотектоника, 1977, № 2, с.105-119
4. Применение многоспональных космических снимков при структурно-геологических исследованиях. В кн. "Космическая информация в геологии", М., "Наука", 1983, с. 52-57
5. Таджикская депрессия и зона сочленения Памира и Тянь-Шаня. В кн. "Геологическое изучение Земли из космоса", М., "Наука" 1978, с.80-106.