

Н. В. ЧИГАРЕВ

## К МЕТОДИКЕ ПОСТРОЕНИЯ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ СХЕМ СУММАРНЫХ ТЕКТОНИЧЕСКИХ ДВИЖЕНИЙ ЗА ПЛЕЙСТОЦЕН (НА ПРИМЕРЕ ЮГО-ЗАПАДНОГО ПАМИРО-АЛАЯ)

Временные и пространственные закономерности проявления вертикальных тектонических движений привлекают в настоящее время все большее внимание исследователей (Гзовский и др., 1958, 1960; Крестников, 1954, 1957; Леонов, 1961; Кленов, Чигарев, 1969; Никонов, 1970 и др.) Количественные схемы вертикальных тектонических движений за плейстоцен находят широкое применение как при решении теоретических вопросов, так и на практике. Интересные результаты дает их сопоставление с сейсмическими данными. В то время как методика построения схем движений за весь новейший этап разработана для самых различных территорий (Крестников, 1954; Николаев, 1962), построение таких схем для плейстоцена — сравнительно слабо освещенный вопрос и требует несколько иного подхода.

Рассматриваемая в данной статье территория охватывает часть Каратегинского хребта (южный склон, примыкающий к долине р. Сурхоб), хр. Петра Первого, часть северного склона Дарвазского хребта (примыкающего к долине р. Оби-Хингоу), Вахшский хребет, хр. Сурхку, западную оконечность Каратегинского хребта, Гиссарскую долину вместе с прилегающим южным склоном Гиссарского хребта и северную периферию Таджикской депрессии<sup>1</sup>.

Исходя из определяющей роли эндогенных процессов в формировании современного рельефа, были проанализированы основные элементы его морфологии. Выбор наиболее рационального комплекса приемов и методов изучения в условиях данного региона был обусловлен в первую очередь распространением плейстоценовой поверхности денудации. Эта поверхность денудации представляет собой нижний подъярус среднего яруса рельефа, формирование которого различные исследователи (Гзовский и др., 1958, 1960; Леонов, 1961; Ранцман, 1959, 1960; Чедия, Васильев, 1960) относят к среднему миоцену — раннему плейстоцену. Возраст рассматриваемой поверхности с небольшими колебаниями определяется большинством из них плиоценом — ранним плейстоценом. В данном случае важно подчеркнуть, что поверхность закончила свое формирование в начале плейстоцена. Особенно хорошо она выражена в пределах хр. Петра Первого (рис. 1).

Выбор соответствующей методики диктовался также наличием нескольких крупных транзитных рек и полным отсутствием площадного накопления плейстоценовых отложений. С последним связана неприменимость метода анализа мощностей и фаций. Поэтому основное внимание было уделено картированию денудационной поверхности и составлению продольных профилей речных террас (29 профилей общей протяженностью около 1000 км). При выявлении количественных характеристик тектонических движений за плейстоцен строго разграничивались два понятия: относительные тектонические перемещения соседних участков или блоков земной поверхности и абсолютные тектонические перемещения всей области в целом — общее (сводовое) поднятие, на фоне которого происходили локальные дифференцированные движения.

Информация об относительных тектонических перемещениях получена непосредственно в поле путем визуального прослеживания поверхности.

<sup>1</sup> Работа основана на фактическом материале, собранном совместно с В. И. Ерминым в полевые сезоны 1968—1970 гг.

Различия в амплитуде поднятий соседних участков, в том числе перемещения по разломам, выявлялись на основе различного гипсометрического положения участков денудационной поверхности и речных террас. Восстановленный первоначальный уклон поверхности к западу, по-видимому, не превышал 3—4 м на километр. Поэтому при выявлении относительных тектонических перемещений площадью до 10 км<sup>2</sup> им можно было пренебречь, поскольку допускаемая погрешность невелика и, по-видимому, не превышает размера обычной ошибки при подобных расчетах амплитуд тектонических движений. В значительной степени она была учтена при выборе сечения тектоизогипс.

Фрагментарность распространения денудационной поверхности не позволила получить равноценные данные для всей территории. В связи с этим использовались продольные профили поверхности раннеплейстоценовой речной террасы, которая отражает тектонические деформации за несколько меньший отрезок времени. Сравнительный анализ участков, где имеются и плейстоценовые террасовые уровни и денудационная поверхность, с участками, где есть только плейстоценовые террасы, позволил сделать относительно точные допущения для недостающего отрезка времени. Но и после этого оставались отдельные части территории, не получившие характеристики относительного тектонического перемещения за плейстоцен. В таких случаях производились дополнительные полевые наблюдения. Они сводились к нахождению элементов рельефа, объединяющих на протяжении плейстоцена этот участок с соседними участками-блоками. К таким элементам рельефа относятся в первую очередь разнообразные уровни и поверхности рельефа, связанные с водно-ледниковыми процессами. В ряде случаев относительные вертикальные тектонические движения фиксируются в смещении древних морен. Иногда на них указывают подвешенные устья боковых притоков, совпадающие по своему положению с тектоническими зонами, и т. д. По мере накопления данных об относительном перемещении отдельных участков они сопоставлялись и наносились на схему в виде изолиний с сечением в 100 м. Сечение изолиний было подобрано с учетом насыщенности схемы фактическим материалом и его возможных погрешностей.

Существенной задачей окончательной стадии построения схемы явился переход от относительных к абсолютным величинам вертикальных перемещений. Изолинии относительных тектонических перемещений получили «приращение» к своему значению, равное амплитуде общего плейстоценового воздымания области в целом. Последняя была получена на основании анализа уклонов русла р. Вахш.

Изучение продольных уклонов древних террасовых уровней Восточного Памира Т. П. Белоусовым (личное сообщение) показало возможность их использования для восстановления первоначального гипсометрического положения территории. Им же были получены первые результаты. Оказалось, что уклоны древних днщ на протяжении плейстоцена изменялись здесь незначительно, в пределах 3—4 м на километр.

Дальнейшие наши совместные исследования выявили количественную зависимость между тектоническим поднятием и глубиной эрозионного вреза для территории Памира и Памиро-Алая. Можно выделить три варианта современного гипсометрического положения древних днщ плейстоценовых долин относительно продольного профиля рек в зависимости от тектонических условий: 1) равномерные интенсивные поднятия единым блоком охватывают всю долину реки (Восточный Памир). Уклоны древних долин наследуются современными и их изменение незначительно; 2) наиболее интенсивные восходящие движения приурочены к низовьям долин (Западный Памир). Уклоны древних долин за счет этого выполаживаются и сильно отличаются от современных; 3) наиболее интенсивные восходящие движения приурочены к верховьям долин (Юго-Западный Памиро-Алай); уклоны древних долин становятся круче и также сильно отличаются от современных.

Анализ развития продольного профиля террас р. Вахш и тектонического строения Юго-Западного Памиро-Алая показывает, что в целом поведение террас Сурхоба — Вахша соответствует общепринятому взгляду на формирование долин в условиях предгорий с той лишь разницей, что в результате недавней перестройки русла р. Вахш оставила свою первоначальную долину и молодые террасы в ней отсутствуют.

Для восстановления первоначального уклона древнейшей плейстоценовой поверхности денудации (днища долин Сурхоба — Вахша) и гипсометрического положения одной из точек этого продольного профиля важно определить основные (исходные) условия. Они сводятся к следующему.

1. Долина Сурхоба — Вахша может считаться «транзитной».
2. Она имеет субширотное направление, согласующееся с простиранием основных структурных элементов.
3. Нижнее течение Пра-Вахша в пределах Гиссарской долины не испытывало существенных тектонических перемещений в период формирования поверхности денудации и было малоподвижным в последующее время, в результате чего допускается, что поверхность этой части территории сохранялась в целом на одной и той же высоте, являясь для Пра-Вахша местным базисом эрозии. При реконструкции первоначальной поверхности нижнее течение Пра-Вахша может быть принято за ноль-пункт.
4. Тектонические поднятия на протяжении длительного времени в том числе и в плейстоцене, имели значительно большие амплитуды в восточной части территории, т. е. в верховьях долины Сурхоба — Вахша.

5. Значительное увеличение уклона поверхности денудации с востока на запад по сравнению с современным руслом и тем более с первоначальным положением не может быть объяснено другими причинами (в том числе и самим процессом развития долины), кроме тектонических.

Поскольку мы допускаем, что Гиссарская долина служила местным базисом эрозии в период формирования поверхности денудации и была малоподвижна в последующее время, то на первой стадии рассуждений мы можем фиксировать положение нижнего конца воображаемых прямых линий, характеризующих современное среднее положение древнейшей террасы, современный средний уклон русла и какое-то первоначальное среднее положение русла и днища, выражающееся одной прямой линией. Задача, таким образом, сводится к нахождению первоначального уклона древнейшего плейстоценового русла Сурхоба — Вахша, так как все другие значения известны. Этот уклон восстанавливается несколькими способами, взаимно дополняющими друг друга.

*Первый способ* опирается на общий палеогеографический метод<sup>2</sup>. Он сводится к нахождению в современном рельефе праобраза долины р. Вахш. Изучение тектонического развития окружающих территорий и строения рельефа привело к выводу о том, что таким образом может служить Алайская долина с р. Кызылсу, лежащая на восточном продолжении изучаемой зоны сочленения Памира и Тянь-Шаня.

Вот как, например, описывает Алайскую долину Н. Н. Леонов (1961): «Алайская впадина представляет собой асимметричный прогиб, дренируемый р. Кызылсу и вытянутый с востока на запад более чем на 200 км, постепенно понижающийся в этом направлении от абсолютных отметок 3500 до 2700 м. Имея на востоке небольшую ширину 3—4 км, Алайская впадина к западу постепенно расширяется, достигая максимума (22—25 км) в центральной части на меридиане пика Ленина, и вновь сужается до нескольких километров у западного замыкания. Асимметричность в рельефе впадины выражена в том, что долина р. Кызылсу почти на

<sup>2</sup> Первая схема суммарных тектонических движений с использованием этого метода построена Т. П. Белоусовым в 1969 г. для территории советского Памира.

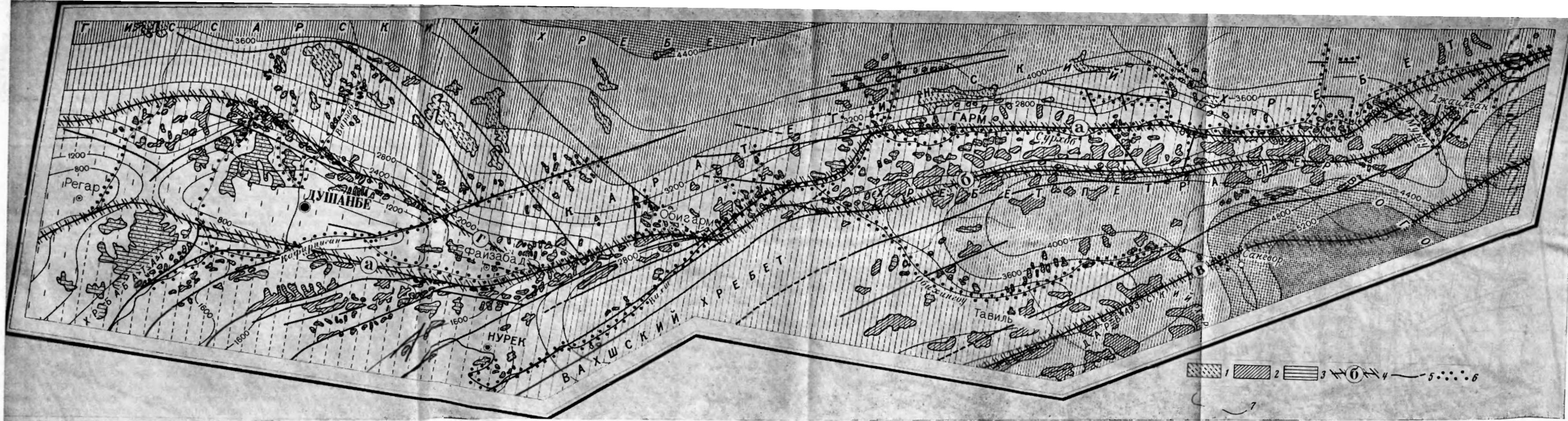


Рис. 1. Схема исходных геоморфологических данных.

1 — домезозойские поверхности денудации на талеозойском основании; 2 — древнейшая плейстоценовая поверхность денудации на мезокайнозойском основании; 3 — участки широкого развития раннеплейстоценовой речной террасы; 4 — зоны глубинных разломов (а — Вахшская, б — Петровская, в — Дарваз-Каракульская, г — Гиссарская); 5 — крупные региональные разломы; 6 — участки долин рек, для которых были составлены продольные профили террас; 7 — изогипсы современного рельефа

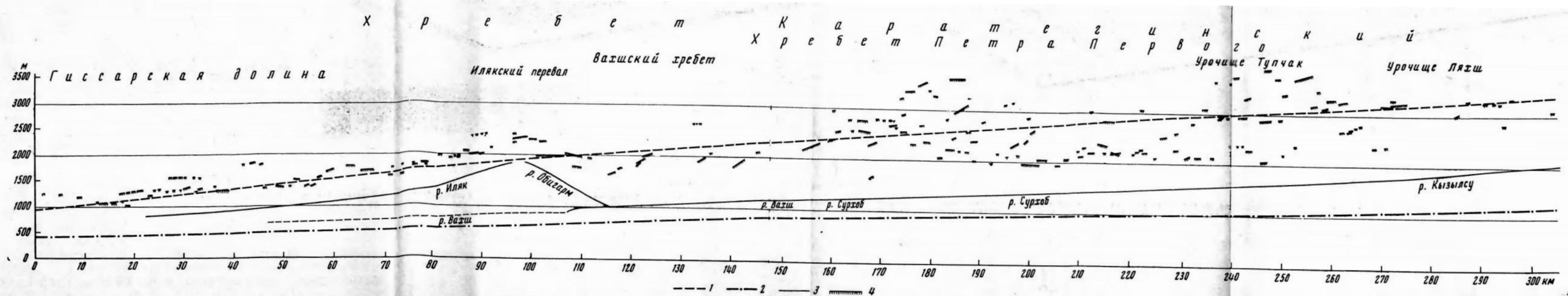


Рис. 4. Реконструкция гипсометрического положения древнейшей плейстоценовой поверхности денудации.

1 — современное среднее гипсометрическое положение древнейшей плейстоценовой поверхности денудации; 2 — то же, предполагаемое в период ее формирования; 3 — положение современных русел рек; 4 — положение реликтов древнейшей плейстоценовой поверхности денудации в современном рельефе

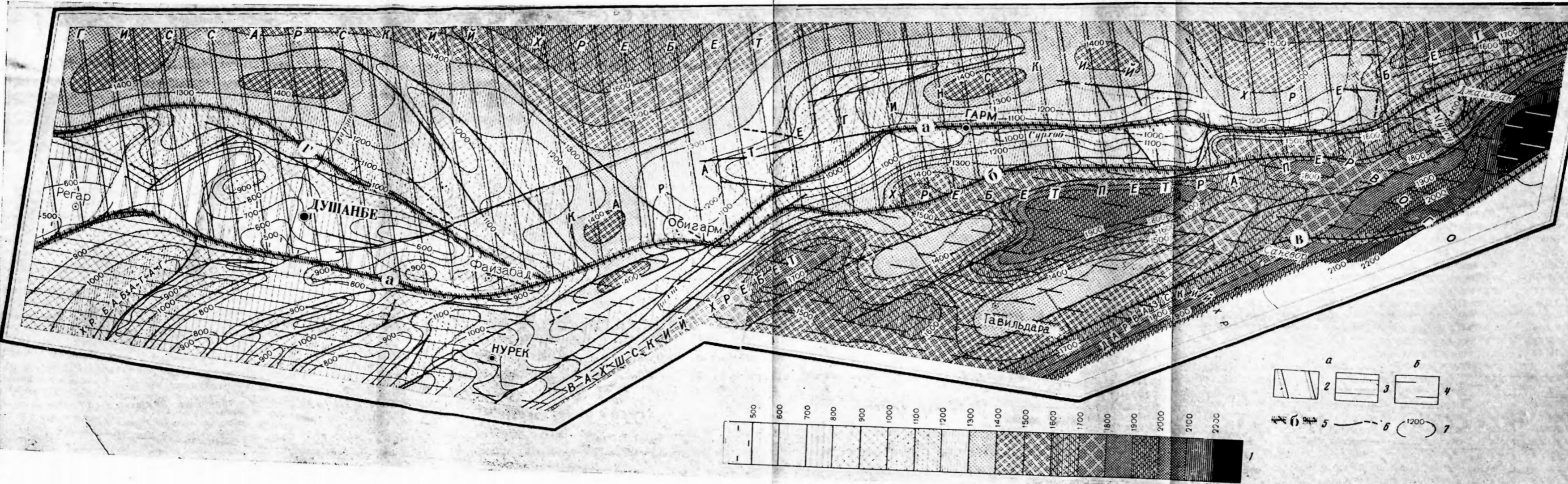


Рис. 5. Схема суммарных тектонических движений за плейстоцен.

1 — амплитуды плейстоценовых поднятий; 2—3 — область активизированной эпигерцинской платформы (а — сводово-глыбовое поднятие Юго-Западного Тянь-Шаня, б — Таджикская глыбовая депрессия); 4 — альпийская геосинклинальная область; 5 — зоны глубинных разломов (а — Вахшская, б — Петровская, в — Дарваз-Каракульская, г — Гиссарская); 6 — крупные региональные разломы; 7 — изолинии амплитуд тектонических поднятий (с сечением в 100 м)

всем своем протяжении прижата к Алайскому хребту и делит впадину на две неравные части: широкую — призаалайскую и узкую — приалайскую. С севера и с юга впадина ограничивается низкими предгорьями Заалайского и Алайского хребтов, приподнятыми в настоящее время на несколько десятков, а иногда и сотен метров над современным дном Алайской впадины. Западное замыкание Алайской впадины расположено в приустьевой части долины р. Катта-Карамык. Ниже слияния последней с долиной р. Кызылсу палеозой Алайского хребта отделен от мезозоя Заалайского хребта лишь неширокой долиной р. Кызылсу, заложеной здесь по зоне разлома и почти лишенной не только надпойменных, но и пойменных террас» (стр. 93—94).

В Юго-Западном Памиро-Алае в начале плейстоцена, по данным О. К. Чедия и В. В. Лоскутова (1965), также были развиты широкие аллювиальные равнины с незначительно возвышающимися над ними хребтами (хр. Петра Первого достигал 2 км). А. К. Трофимовым и О. К. Чедия (1969) устанавливается синхронность развития Алайской впадины и Юго-Западного Памиро-Алая. Корреляция террас р. Кызылсу (в пределах Алайской впадины) и Сурхоба — Вахша показала, что эрозионная (цокольная) терраса Сурхоба — Вахша на высоте 200—300 м над урезом воды сопрягается со 100—150-метровой террасой в районе Карамыка, которая далее на восток, ниже Дараут-Кургана, имеет высоту 85—100 м, а в районе Орта-Чукур — уже 10—15 м. Аналогичная закономерность отмечается этими авторами и для 500—600-метровых террас долины Вахша — Сурхоба, которые в низовьях р. Кызылсу понижаются до 300—400 м, а выше Дараут-Кургана вообще выклиниваются. Складывается впечатление, что плейстоценовая глубинная эрозия Сурхоба — Вахша, проявившаяся в Юго-Западном Памиро-Алае, еще не распространилась на Алайскую впадину или проявилась в незначительной степени. Причиной этого могли быть как наличие antecedentного участка между устьем рек Ачи-Калма и Кичик-Карамык, так и более интенсивное и более длительное развитие оледенений, обусловленное физико-географическим и гипсометрическим положением Алайской долины. История тектонического развития, местоположение и современный облик рельефа сравниваемых территорий убеждают нас в том, что Алайская долина в своем тектоническом и физико-географическом развитии несколько «отстает» от долины Вахша — Сурхоба и в настоящее время переживает стадию, сходную с периодом окончательного формирования в пределах Юго-Западного Памиро-Алая широкой долины Пра-Сурхоба — Вахша и перехода ее в стадию активного врезания.

Как и долина Сурхоба — Вахша, Алайская долина вытянута с запада на восток более чем на 200 км. В ее пределах выработана почти горизонтальная поверхность дна шириной до 30 км. Относительное превышение водораздельных пространств над дном впадины такое же, как и в пределах хр. Петра Первого над денудационной поверхностью (в среднем около 1500 м). Легко представить, что нарушение динамического равновесия в пределах Алайской впадины и глубокое врезание русла р. Кызылсу в современное дно долины может привести к формированию в ее пределах рельефа, сходного с обликом современной долины Сурхоба — Вахша. Исходя из этого, было принято, что Алайская долина, являясь естественным продолжением рассматриваемой территории на восток, представляет собой своеобразный реликт единой прадолины Сурхоба — Вахша и может служить эталоном при определении древнеплейстоценового уклона Сурхоба — Вахша. На этом основании первоначальный уклон денудационной поверхности выравнивания с востока на запад оценивается нами в 3—4 м/км.

*Второй способ* — статистическое определение угла первоначального уклона поверхности. Для этого графически были проанализированы по возможности все уклоны поверхности, сохранившиеся в пределах отдель-

ных участков, всего около 1300 измерений. При этом предполагалось, что в условиях консервации поверхности отдельных блоков первоначальные ее уклоны могли сохраниться. В результате статистической обработки полученных данных (рис. 2) была составлена гистограмма, количественно отражающая наличие различных уклонов западного направления. Поскольку первоначальный уклон поверхности не мог превышать совре-

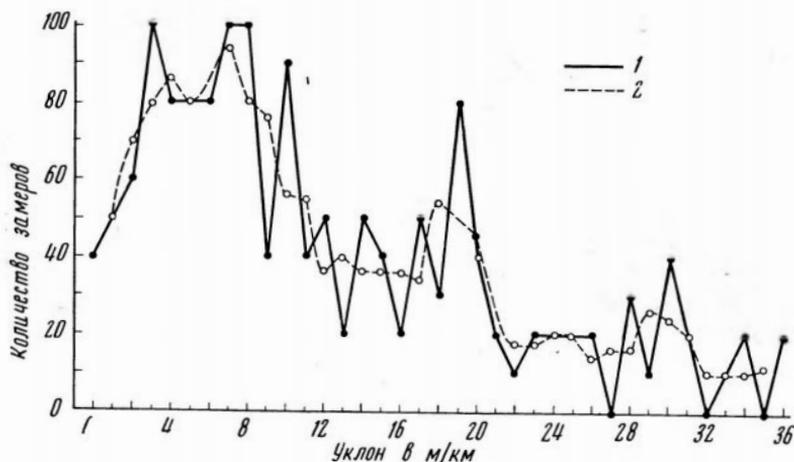


Рис. 2. Гистограмма количественного соотношения уклонов древнейшей плейстоценовой поверхности денудации в пределах Юго-Западного Памиро-Алая.

1 — гистограмма уклонов; 2 — сглаженная гистограмма уклонов

менный уклон русла, то искать его следует в левой части графика среди значений до 5 м/км (современное среднее значение уклона русла Сурхоба — Вахша). Наиболее выраженный пик дает здесь значение около 3—4 м/км.

Значительные уклоны поверхности, отраженные максимумами правой части профиля, свидетельствуют, по-видимому, о более поздних деформациях различного происхождения, в том числе и тектонических.

Третий способ является логическим решением задачи. Суть его заключается в следующем: если мы представим себе графическую систему, состоящую из русла реки и древнейшей ее террасы (в современном и первоначальном виде), а также примем во внимание все перечисленные выше условия, то получим несколько прямых линий, исходящих из одной точки, как это показано на рис. 3. В качестве дополнительного условия такую систему следует рассматривать в динамическом равновесии, нарушение которого сильно меняет ход рассуждений.

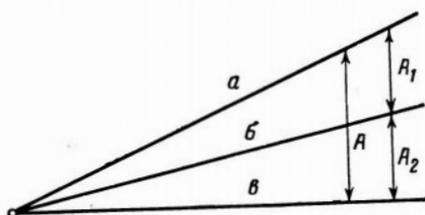
Первоначально в момент формирования поверхности все три линии совпадали с линией (а). В результате тектонического поднятия в правой части рисунка сформировавшаяся поверхность стала изменять свое первоначальное положение. Ее правый конец оказался приподнятым при этом на величину А. Русло, врезаясь в свое бывшее днище и стремясь восстановить свое первоначальное положение, будет представлять какую-то линию (б). Если бы поднятие прекратилось, то русло, по всей вероятности, заняло бы исходное положение. Но система находится в равновесии, и стремлению реки к своему первоначальному положению препятствует, с одной стороны, необходимость врезаться в породы, слагающие поверхность (а), а с другой — продолжающееся тектоническое поднятие ее правой части.

Отсюда вытекает, что отклонение вверх линии, означающей древнее днище долины, от линии современного русла А<sub>1</sub> определяется величиной опережения скорости тектонического поднятия в данной точке по срав-

нению со скоростью врезания русла в этой же точке. Но, с другой стороны, величина отклонения продольного уклона русла относительно своего первоначального положения  $A_2$  зависит от тех же факторов, т. е. в одной конкретной точке отклонение линии, соответствующей среднему современному положению древнего днища, от линии современного русла будет равно отклонению линии современного русла от своего первоначального положения.

Рис. 3. Взаимное расположение условных линий продольных профилей разных этапов развития.

*a* — современное положение древней поверхности денудации; *б* — современное русло; *в* — палеорусло и палеопервоначальная поверхность



Понятно, что такие рассуждения пригодны лишь для моделирования и то при соблюдении всех перечисленных условий. Вместе с тем для грубых подсчетов можно, по-видимому, пользоваться и этим приемом. Лучше, если заранее выбрать отрезок времени, на протяжении которого, хотя бы суммарно, тектонические движения развивались однонаправленно, и рассматривать сравнительно короткие участки долин, в пределах которых их элементы можно изображать в виде прямых линий без значительного искажения. Использование этого способа в решении задачи нахождения палеоуклона Сурхоба — Вахша приводит к сходному значению первоначального уклона, равному 3—4 м/км (рис. 4).

В своих рассуждениях мы исходили из того, что поверхность Гиссарской долины служила для долины Вахша местным базисом эрозии. Тектонические движения в ее пределах не сказались на изменении продольного профиля русла Вахша — Сурхоба. Однако, чтобы оценить их амплитуду за плейстоцен, использовались современное гипсометрическое положение остатков древнейшей плейстоценовой поверхности денудации и мощности плейстоценовых отложений. Данные о современном гипсометрическом положении остатков поверхности денудации в бортовых частях долины и мощности плейстоценовых отложений позволяют приблизительно оценить суммарный результат поднятия в центральной части Гиссарской долины в 500 м, что и послужило отправным значением при составлении схемы суммарных тектонических движений в изолиниях за плейстоцен.

Таким образом, используя все три способа, был найден первоначальный уклон искомой поверхности. Понятно, что несмотря на разнообразие способов, его определение производится все-таки с небольшой степенью точности. Однако это дает возможность в первом приближении оценить палеоуклон русла Вахша — Сурхоба и тем самым учесть первоначальный уклон денудационной поверхности при ее реконструкции. Используя описанную методику, мы построили схему суммарных тектонических движений за плейстоцен (рис. 5). В процессе работы над схемой, а также из ее анализа выявлены следующие закономерности тектонического развития Юго-Западного Памиро-Алая в плейстоцене.

1. Тектонические движения плейстоцена отделены от предшествующих этапов интервалом времени с более или менее спокойным тектоническим режимом, о чем свидетельствует наличие регионально развитой денудационной поверхности выравнивания.

2. Тектонические движения в плейстоцене носили преимущественно блоковый характер, особенно в пределах активизированной эпигерцинской платформы. Несколько сгладились различия в характере тектониче-

ских движений эпигерцинской платформенной и альпийской геосинклинальной областей.

3. Краевая часть эпигерцинской платформы Юго-Западного Тянь-Шаня испытала своеобразную переработку и на протяжении плейстоцена по характеру своего развития тяготела к областям, относящимся к альпийской геосинклинали.

4. Зоны глубинных разломов на всем протяжении плейстоцена контролировали структурный план территории, амплитуды смещений за плейстоцен по основным зонам разломов в среднем составляют от 150 до 400 м.

5. Специфическим проявлением тектонических движений характеризуется Вахшская зона глубинного разлома. В ее пределах вдоль по простиранию отмечается чередование относительно опущенных и относительно приподнятых участков.

6. Суммарная амплитуда поднятий за плейстоцен составляет в различных местах от 500 до 2200 м. Общее нарастание амплитуд тектонических поднятий отмечается с запада на восток.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Гзовский М. В., Крестников В. Н., Нерсесов И. Л., Рейснер Г. И. Сопоставление тектоники с сейсмичностью Гармского района Таджикской ССР (ст. I и II).— Изв. АН СССР. Сер. геофиз., № 8, 12, 1958.
- Гзовский М. В., Крестников В. Н., Нерсесов И. Л., Рейснер Г. И. Новые принципы сейсмического районирования на примере Центральной части Тянь-Шаня.— Изв. АН СССР. Сер. геофиз., № 2, 3, 1960.
- Кленов В. И., Чигарев Н. В. Плейстоценовая тектоника Северного Тянь-Шаня.— Вестн. МГУ. Сер. геогр., № 5, 1969.
- Крестников В. Н. История развития структуры и сейсмичность Северного Тянь-Шаня.— Изв. АН СССР. Сер. геол., № 3, 1954.
- Крестников В. Н. О связи геологических и сейсмических явлений Тянь-Шаня.— Бюлл. Совета по сейсмологии, № 3, 1957.
- Леонов Н. Н. Тектоника и сейсмичность Памиро-Алайской зоны. М., Изд-во АН СССР, 1961.
- Николаев Н. И. Неотектоника и ее выражение в структуре и рельефе территории СССР. М., 1962.
- Никонов А. А. Дифференцированный анализ четвертичной тектоники Афгано-Таджикской депрессии.— Геотектоника, № 1, 1970.
- Ранцман Е. Я. Геоморфология и сейсмичность долины р. Сурхоб.— Докл. АН СССР, т. 124, вып. 1, 1959.
- Ранцман Е. Я. Некоторые вопросы геоморфологии Гармского района Таджикистана в связи с его сейсмичностью.— Изв. АН СССР. Сер. геогр., № 5, 1960.
- Трофимов А. К., Чедия О. К. О четвертичном оледенении Алая.— Изв. АН КиргССР, № 4, 1969.
- Чедия О. К., Васильев В. А. О характере и возрасте древнего оледенения Северного склона хребта Петра Первого.— Вопр. геол. Таджикистана. Тр. Гос. ун-та, т. 28, вып. 1, 1960.
- Чедия О. К., Лоскутов В. В. Палеогеография Памира и сопредельных стран в плиоцен-четвертичное время.— Сб. Четвертичный период и его история (к VII конгрессу INQUA, США). М., «Наука», 1965.

Институт физики Земли  
им. О. Ю. Шмидта

Поступила в редакцию  
28.VIII.1971

#### TO THE METHODS OF CONSTRUCTING QUANTITATIVE SCHEMES OF TOTAL TECTONIC MOVEMENTS DURING PLEISTOCENE (A CASE STUDY OF SOUTHWEST PAMIRS-ALAI)

N. V. CHIGAREV

#### Summary

Considered is the possibility of constructing ancient Pleistocene surface denudation within the Pamirs-Alai. The possible initial hypsometrical situation of the surface and its slope has been reconstructed, which helped to compile a quantitative scheme of total tectonic movements during Pleistocene.