

РЕГИОНАЛЬНАЯ ГЕОЛОГИЯ

УДК 551.4

ЯРУСНОСТЬ РЕЛЬЕФА И ЕЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИ ИЗУЧЕНИИ НЕОТЕКТОНИЧЕСКИХ ДВИЖЕНИЙ

С.С. Гудымович

Ярусность денудационного рельефа представлена собственно крупной ярусностью I-го порядка, эрозионно-денудационными врезами и террасовыми лестницами и является отражением неотектонических вертикальных колебательных движений разного порядка. Важной особенностью синнеотектонических (синорогенных) ярусных поверхностей выравнивания является их омоложение с периферии к центру поднятия. При построении графиков неотектонических движений по террасовым лестницам важен учет нормальной и избыточной мощности аллювия.

Среди многих направлений научной деятельности кафедры общей и исторической геологии ТПУ, начиная с работ академика В.А. Обручева и М.А. Усова, не последнее место занимает геоморфология. Одним из интересных основополагающих начал геоморфологии является ярусность рельефа, в частности, в связи с такой стороной прикладной геоморфологии, как применение геоморфологических методов при изучении неотектонических движений (далее по тексту НТД).

Впервые на ярусность рельефа областей денудации, как на ключ к пониманию истории его развития и характеристики создавших его тектонических движений, указал В. Пенк [3]. В русской (советской) геологической литературе первое описание ярусности рельефа Северного Урала и объяснение механизма ее формирования сделано В.А. Варсанюфьевой [1]. В дальнейшем на важность ярусности рельефа для качественной, и главное, количественной оценки НТД наиболее отчетливо указывали М.А. Усов [4], Н.П. Костенко [2], В.Е. Хаин [5]. Ниже предлагается краткий обзор ярусности и, в том числе, некоторые новые соображения о механизме ее формирования и возможностях применения при неотектоническом анализе.

В теоретическом плане ярусность денудационного рельефа (так же, как и цикличность осадконакопления, вплоть до обычной слоистости, если исключить сезонную и климатическую слоистость) есть в конечном итоге результат медленных вертикальных разнопорядковых НТД. В строении реальных рельефов наиболее наглядно проявляется ярусность 3-х порядков: собственно ярусность – наиболее крупная ярусность I-го порядка больших территорий, лучше всего выраженная в горных странах, эрозионно-денудационные врезы – ярусность II –го порядка, осложняющая горные склоны, и террасовые лестницы долин, как наиболее мелкая ярусность III –го порядка. Рассмотрим их по отдельности.

Если бы (как считал В.М. Девис, за что его и подвергли критике советские геоморфологи) каждый денудационный морфоцикл доходил до конца, то в современном рельефе любой достаточно крупной территории мы видели бы или результат какой-то стадии морфоцикла или конечный результат всего морфоцикла в виде поверхности выравнивания. Но, во-первых, новые оживления тектонических движений и, следовательно, новые морфоциклы могут начаться до того, как закончился предыдущий морфоцикл, т.е. денудация еще не успела справиться с результатами предыдущих поднятий, а морфоциклы как бы наступают друг на друга*. Во-вторых, идущие одно за другим поднятия зачастую каждый раз охватывают все большую площадь.

Обе эти причины приводят к тому, что в современном рельефе практически любого крупного района мы можем видеть следы нескольких морфоциклов, которые пережила данная территория, выражающиеся в ярусности рельефа, т.е. в присутствии в пределах этой достаточно большой территории – горная страна, крупная равнина - *районов, участков, расположенных ступенчато по отношению друг к другу и несущих на водораздельных пространствах следы одной или нескольких разновозрастных поверхностей выравнивания.*

* - При этом рельеф, сформировавшийся в предыдущие морфоциклы, переходит в реликтовое состояние.

Следы древних поверхностей выравнивания на водоразделах в идеальном случае представлены корами выветривания. При уничтожении последующей денудацией древних кор выветривания может сохраниться уплощенность водоразделов, особенно наглядная в случае пересечения складчатых структур субстрата. При исчезновении уплощенности водоразделов вследствие большой густоты более позднего эрозионного расчленения, существование на этом месте древней поверхности выравнивания иногда четко фиксируется по одновысотности водоразделов. Районы со следами поверхностей выравнивания, как правило, располагаются концентрически, причем центральные части приподняты относительно периферических. Впервые на такую ярусность для гор указал В. Пенк, назвав ее «предгорной лестницей».

Механизм образования ярусности включает в себя два процесса.

Во-первых, в простейшем случае ярусность рельефа может формироваться или в результате одноактного блокового по неотектоническим рельефообразующим разломам поднятия сразу всей территории, причем центральные блоки поднимаются выше периферийных, или в один сложный морфоцикл при неоднократных сводообразных или валообразных поднятиях участка относительно быстро следующих одно за другим, *причем каждое последующее поднятие захватывает большую площадь, чем предыдущее*. В конечном итоге образуются ступенчато расположенные ярусы рельефа, несущие в пределах водораздельных пространств *остатки одной и той же донеотектонической поверхности выравнивания*, существовавшей в этом регионе до начала поднятий (рис. 1, А).

Во-вторых, ярусность рельефа может образоваться в *несколько морфоциклов* в результате неоднократных поднятий одного и того же района без расширения площади, но с *достаточно длительными временными интервалами тектонической стабилизации* между актами поднятия, во время которых формируются несколько (по числу интервалов) разновозрастных *синнеотектонических денудационных поверхностей выравнивания*. Этот механизм достаточно сложен и заслуживает детального рассмотрения. Он включает в себя два варианта.

По первому, более простому варианту территория древней исходной донеотектонической поверхности выравнивания (рис. 1, Б, а) поднята на некоторую высоту (рис. 1, Б, б). Этот участок подвергается эрозии и денудации (пенепленизации или педиленизации), которые будут постепенно распространяться от периферии участка (от самого низкого основного базиса денудации) глубь его, уничтожая исходную поверхность выравнивания и формируя новую, более молодую, (назовем ее первой синнеотектонической) денудационную поверхность выравнивания (рис. 1, Б, в). Процесс формирования этой поверхности есть, по сути дела, восстановление исходной поверхности, поэтому ее можно назвать и базисной. По периферии от формирующейся первой денудационной поверхности выравнивания одновременно будет формироваться коррелятная ей аккумулятивная поверхность. Далее представим себе, что эти процессы еще не дошли до конца, как морфоцикл был прерван и участок вновь испытал поднятие (рис. 1, Б, г). Начнется новый морфоцикл. На периферии поднятого участка аналогичным образом начнет формироваться новая, более молодая, вторая синнеотектоническая в данный момент базисная денудационная поверхность выравнивания и коррелятная ей аккумулятивная поверхность, а первая поверхность выравнивания в результате этого поднятия превращается в I-ый ярус рельефа и становится верховой, остатки же исходной донеотектонической поверхности выравнивания в центре всей территории становятся II-ым ярусом рельефа (рис. 1, Б, д). Рассуждая подобным образом, легко представить как после третьего поднятия вторая и первая поверхности становятся, соответственно, I-ым и II-ым ярусами рельефа, остатки исходной поверхности – III-им ярусом (рис. 1, Б, ж).

Таким образом, на рассматриваемой территории получились три ступенчато расположенные яруса рельефа с *разновозрастными* поверхностями выравнивания. По периферии же самого низкого яруса идет формирование современной III-ей по счету поверхности выравнивания, привязанной к основному базису денудации. На фоне общего концентрического расположения ярусов будет *наблюдаться проникновение нижних ярусов в верхние в виде языков* вдоль наиболее крупных и густых долинных систем района, поскольку выработка денудационных поверхностей выравнивания всегда идет от эрозионной сети в сторону водоразделов.

Описанный механизм образования крупной полициклической ярусности I-го порядка, как указывалось выше, так или иначе рассматривался в литературе. Но он, по мнению автора, не включает один очень существенный момент формирования промежуточных ярусов и их кор выветривания, заключающийся в возрастном скольжении этого процесса и, следова-

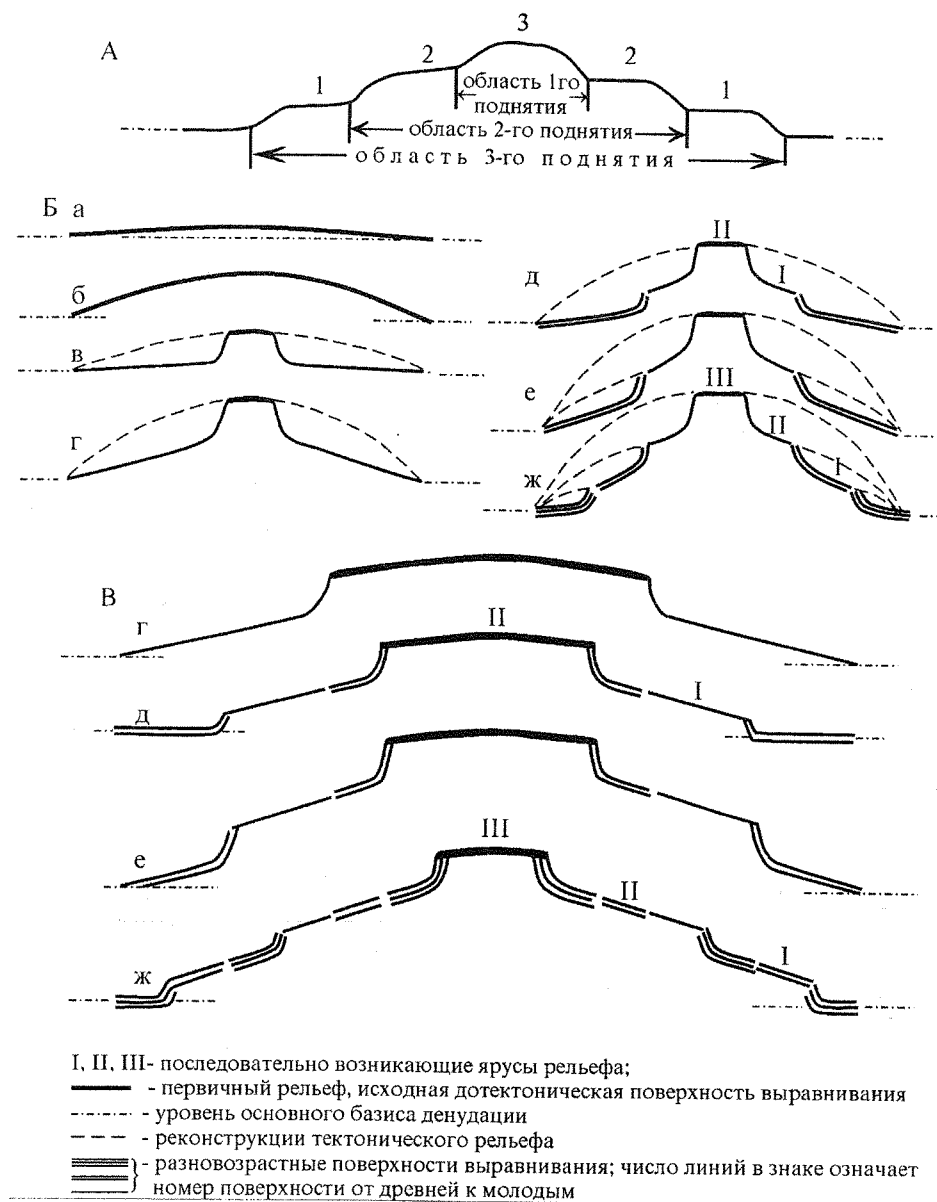


Рис. 1. Схемы образования ярусности рельефа. А – при быстром прерывистом поднятии с расширяющейся площадью; В – при прерывистом поднятии одной и той же территории с интервалами, в течение которых по периферии поднятия последовательно возникают разновозрастные поверхности выравнивания; В – то же, что и В, но каждая поверхность выравнивания омолаживается от периферии к центру поднятия

тельно, в разновозрастности одной и той же ярусной поверхности выравнивания в разных ее частях. Рассмотрим этот процесс поподробнее.

Второй более сложный вариант формирования ярусности в целом аналогичен только что рассмотренному, но учитывает то обстоятельство, что после очередного поднятия и начала формирования на периферии всей территории новой базисной поверхности выравнивания, прежние поверхности, ставшие верховыми, *продолжают свое развитие*, расширяясь в сторону центра всего поднятия. Начало развития рельефа по второму варианту аналогично таковому в первом варианте (рис. 1, Б, а, б, в, г). А затем первая поверхность выравнивания, превратившись после поднятия в I-ый ярус рельефа (рис. 1, В, г), уничтожается с периферии в результате развития второй поверхности, но наращивается в сторону центра всего поднятия, уничтожая при этом – II-ой ярус рельефа, являющийся реликтом исходной поверхности выравнивания (рис. 1, В, д). Обратите внимание, что рассматриваемая поверхность выравнивания I-го

яруса рельефа стала составной – ее внутренняя по отношению к центру поднятия более молодая часть соответствует по возрасту второй поверхности выравнивания, формирующейся в это время на периферии всего поднятия. После третьего поднятия (рис.1, В,е) поверхность выравнивания, бывшая когда-то первой и превратившаяся во II-ой ярус рельефа, включает в свой состав уже три разновозрастные части (рис.1,В,ж): внешнюю наиболее древнюю, оставшуюся с того времени, когда эта поверхность формировалась как базисная, центральную промежуточную и внутреннюю часть, одновозрастную третьей самой молодой поверхности выравнивания, развивающейся в настоящее время с периферии всего поднятия как базисная.

Особенно четко последний вариант реализуется в том случае, когда во время каждого очередного быстрого и с большой амплитудой поднятия по границам поднимающейся площади происходил разрыв в продольных профилях основных рек района и каждый ярус достаточно долго развивался самостоятельно.

Подведем некоторые итоги.

1. Ярусность может формироваться как любым из указанных способов по отдельности, так и, как это обычно и наблюдается, одновременно всеми указанными способами, т.е. с выработкой промежуточных разновозрастных поверхностей выравнивания и с расширением площади поднятия. В последнем случае в каждое новое поднятие могут вовлекаться участки аккумулятивных равнин, коррелятных денудационной поверхности предыдущего морфоцикла.

2. Каждый более высокий и расположенный ближе к центру поднятия ярус несет на водораздельных поверхностях более древнюю, в целом, поверхность выравнивания и кору выветривания.

3. Поверхность выравнивания и кора выветривания каждого яруса (кроме самого высокого, доорогенного) омолаживается с периферии к центру поднятия в сторону более высокого яруса.

4. Развитие каждого более низкого и молодого яруса уничтожает более высокий.

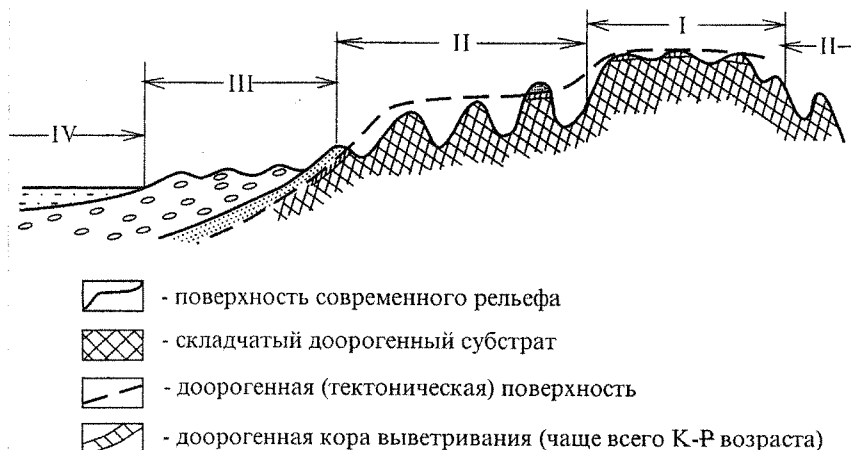


Рис. 2. Схема геоморфологической зональности и ярусности гор

(по Н.П. Костенко, упрощенно и с изменениями автора)

I – внутренняя зона (верхний ярус); II – главная горная зона (средний ярус);

III – внешняя зона (нижний ярус); IV – предгорная расчлененная равнина (предгорный ярус)

Общая картина ярусности, более характерная для эпиплатформенных гор представлена на рис. 2. Следует заметить, что ярусы горного рельефа одновременно являются и геоморфологическими зонами: центральной, несущей реликты доорогенной (донеотектонической) поверхности выравнивания, главной горной и внешней предгорной, в пределах которой (обратите внимание) в поднятие уже вовлекается грубая моласса, коррелятная главной горной зоне – среднему ярусу.

Таким образом, ярусность рельефа в разобранных случаях (кроме первого) – результат множественности и незавершенности морфоциклов. Рассмотренная ярусность рельефа ярче видна у горных стран*, где высота одного яруса над другим достигает километра и более, но проявляется и на равнинах, где эта высота обычно составляет десятки метров. Приведенные

* - Поэтому в литературе вместо употребленных автором терминов «донеотектонический», «синнеотектонический» чаще применяются термины «доорогенный», «синорогенный», «посторогенный».

цифры, как указывает В.Е. Хаин [5], и есть амплитуда неотектонического воздымания территории между периодами относительного тектонического покоя, когда формируются ярусные поверхности выравнивания.

Горные склоны часто имеют ступенчатый характер (долинные террасы, а также мелкая ступенчатость, вызванная неоднородностью его геологического строения и селективностью денудации, тут не рассматривается). Особенно хорошо это видно на денудационных склонах, примыкающих к крупным транзитным долинам, пересекающим все геоморфологические зоны (ярусы) горной страны. По Н.П. Костенко [2], эти ступени представляют собой отрицательные полигенетические формы рельефа - *эрозионно-денудационные врезы* (рис. 3), формировавшиеся в течение более мелких морфоциклов II и III-го порядков на фоне общего воздымания горной страны. Глубина каждого эрозионно-денудационного вреза отражает амплитуду неотектонического поднятия и, соответственно, глубину эрозионного вреза долины в восходящую фазу морфоцикла, а ширина и крутизна склонов - длительность денудационного развития склонов в период замедления неотектонического поднятия и перехода к нисходящему развитию рельефа. По сути дела, нижние, выположенные площадки склонов в эрозионно-денудационном врезе (рис. 3, а, б и а1, б1) представляют собой зачаточные денудационные поверхности выравнивания, чаще типа педиментов, развивавшиеся когда-то от днищ древних долин. Чем выше расположен эрозионно-денудационный врез, тем он древнее.

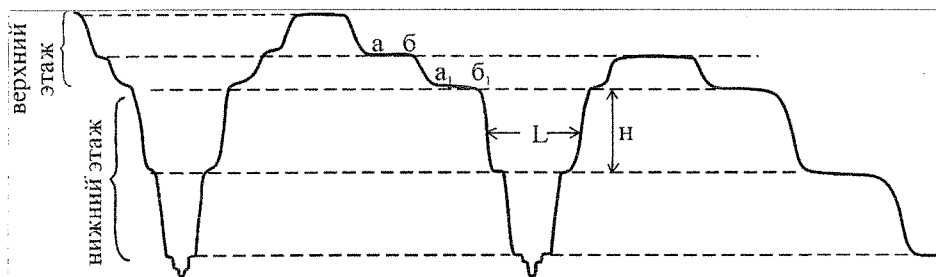


Рис. 3. Этажи вертикального расчленения и входящие в их состав эрозионно-денудационные врезы в горных странах; переход эрозионно-денудационных врезов внутренних зон гор в водораздельные пространства внешних зон и предгорий (по Н.П. Костенко, упрощенно); Н - глубина вреза, L - ширина вреза; самый молодой нижний врез осложнен врезанными террасами.

Общая картина эрозионно-денудационных врезов напоминает лестницу врезанных цикловых террас в долинах. Сходен и процесс образования тех и других (в особенности, если трактовать понятие террасы по С.С. Шульцу). Различие заключается в том, что реально наблюдающиеся на склонах главных горных долин эрозионно-денудационные врезы - как правило более крупные формы. Каждый эрозионно-денудационный врез когда-то включал в себя и древнюю прадолину современной реки, которая, в свою очередь, могла нести серию цикловых террас, хотя в принципе эрозионно-денудационные врезы должны формироваться от любого террасового уровня.

Иногда эрозионно-денудационные врезы объединяются в *этажи вертикального расчленения*. Для верхних этажей характерны более широкие и мелкие врезы, для нижних - все более узкие и глубокие. Такое соотношение врезов ярче всего видно на границах геоморфологических зон. По сути дела, эти этажи являются выражением ярусности рельефа, в данном случае видимой уже в одной долине. Верхний этаж представляет собой верхний ярус рельефа - реликт вступительной стадии развития гор, а нижний - главную горную зону, проникающую языками по крупным долинам вглубь верхнего яруса. Попутно отметим, что увеличение глубины и уменьшение ширины эрозионно-денудационных врезов от древних высоких к низким молодым свидетельствует об увеличении скорости общего поднятия гор с момента начала их образования до настоящего времени.

При прослеживании эрозионно-денудационных врезов вдоль долин видно, что вверх по долинам нижние врезы последовательно исчезают. Участкам выклинивания эрозионно-денудационных врезов соответствуют фронты эрозионного вреза русел рек, на которых реки как бы «взбираются» на следующий, более высокий эрозионно-денудационный врез. Самые верховья долин представляют собой древнейший эрозионно-денудационный врез. Следуя вниз по долинам из центра гор к периферии, можно видеть, как последовательно эрозионно-денуда-

ционные врезы двух соседних долин сливаются по мере понижения высоты водораздела между долинами. При этом нижняя выположенная часть эрозионно-денудационного вреза сливается с соответствующей синорогенной поверхностью выравнивания на водоразделе, а крутые склоны - с уступом, разделяющим поверхность выравнивания (рис.3).

Верхние врезы сливаются с более древними поверхностями выравнивания на водоразделах внутренней зоны, более низкие - последовательно - с поверхностями выравнивания в главной горной зоне, а самые низкие сливаются с водоразделами предгорий.

Эрозионно-денудационные врезы, таким образом, представляют собой хорошие возрастные реперы, прослеживающиеся через все горное сооружение. Н.П. Костенко считает возможным, картируя врезы, строить возрастные геоморфологические карты гор, отражающие этапность их развития. К этому, по мнению автора, необходимо добавить, что, поскольку эрозионно-денудационные врезы развиваются самостоятельно и независимо друг от друга, на них обязательно должен распространяться рассмотренный выше механизм омоложения днищ врезов, как зачаточных поверхностей выравнивания, от их внешних частей, опирающихся когда-то на исчезнувший к настоящему времени базис денудации, к внутренним частям (стенкам врезов).

Террасовые лестницы долин (и эрозионно-денудационные врезы) дают, пожалуй, наиболее богатый материал по истории НТД за период формирования долинной сети. Они с фотографической точностью фиксируют циклический, колебательный характер (III-IV порядков) НТД достаточно больших территорий в пределах единых бассейнов крупных рек. В общем случае, периодам неотектонических поднятий соответствуют врезания эрозионной сети, периодам опусканий - накопление озерно-пролювиально-аллювиальных толщ, а периодам стабилизации - формирование поверхностей эрозионных и аккумулятивных террас и днищ эрозионно-денудационных врезов. Анализ террасовых лестниц дает, во-первых, возможность точного определения амплитуд и скоростей НТД, а, во-вторых, возрастное датирование этапов этих движений по возрасту террасового аллювия. Давно известны следующие качественные оценки НТД, исходя из комплексов террас.

В целом, для территорий, испытавших за время формирования долинной сети прерывистое поднятие, характерен комплекс врезанных эрозионных и цокольных террас. Если амплитуда поднятия со временем нарастала, высота террас друг над другом будет также увеличиваться от древних более высоких террас к молодым более низким, при уменьшении амплитуд поднятий со временем будет наблюдаться обратная картина. Поэтому в горных районах высота террас друг над другом, как правило, больше, чем в предгорьях, и тем более, на примыкающих равнинах.

В районах, испытавших периодическое чередование поднятий и опусканий с затухающей во времени амплитудой, в долинах будет наблюдаться комплекс аккумулятивных вложенных террас, высота и мощность аллювия которых будут уменьшаться от древних террас к молодым.

Наконец, в районах, испытавших за время формирования долинной сети прерывистые опускания, будет наблюдаться комплекс аккумулятивных погребенных и наложенных террас. Поэтому на участках перемены знака НТД, например, при переходе от поднимающихся гор к опускающейся предгорной аккумулятивной равнине, иногда можно наблюдать т.н. "ножницы террас" - высокие эрозионные или цокольные террасы гор в пределах равнины становятся аккумулятивными и погребенными под более молодым аллювием наложенных террас.

Количественная оценка НТД по террасовым лестницам получается путем построения графиков неотектонических движений. В простейшем случае, когда известны только превышения площадок или бровок террас друг над другом, эти цифры и принимаются за амплитуды поднятий, которые шли между периодами относительной стабилизации, когда формировались террасы (h_1 , h_2 и т.д. на рис. 4,А,Б). Построенный таким способом график будет справедлив только для врезанных террас с аллювием нормальной мощности.

Гораздо более полная и точная картина НТД выявляется, если известны еще и высотное положение цоколей и мощности аллювия террас. Если аллювий террас имеет нормальную мощность (в нашем примере она равна 10 м), то амплитуды поднятий будут, как и в первом случае, равны разнице высот между площадками террас или их цоколями (h_2 на рис. 4,А). Если же мощность аллювия какой-либо террасы больше нормальной, то разница между фак-

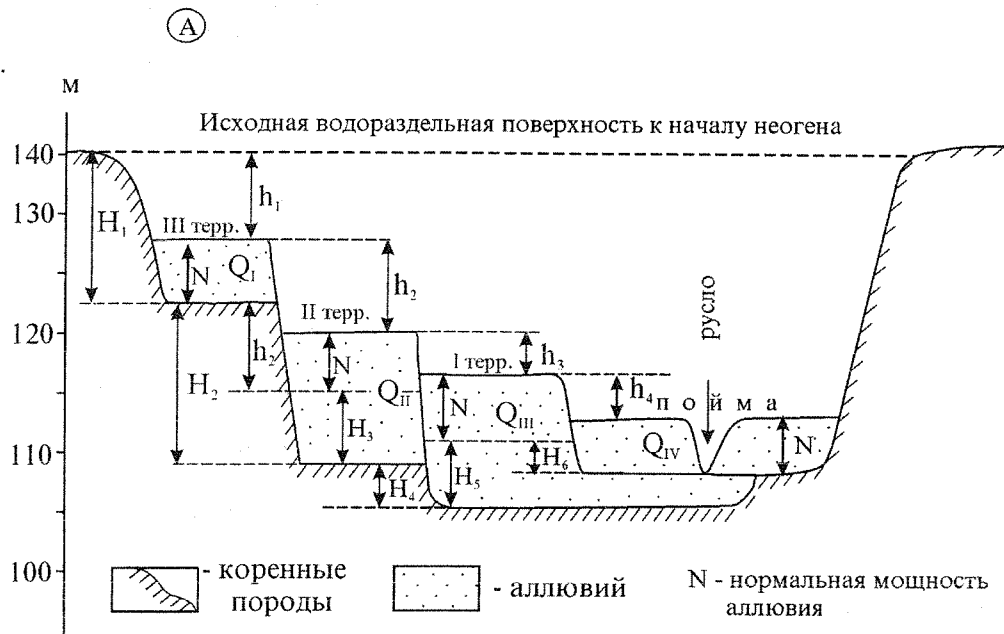


Рис. 4. А – разрез через долину

тической мощностью и нормальной составит амплитуду опускания района во время накопления аллювия этой террасы (H_3 и H_5 на рис.4,А,В).

Амплитуда последующего поднятия, если более молодая терраса врезана в более древнюю, равна амплитуде предыдущего прогибания плюс разница в отметках цоколей террас (H_3+H_4 на рис.4,А,В), а в случае, если более молодая терраса вложена в более древнюю, - разнице отметок между воображаемым цоколем нормального аллювия более древней террасы (или, что одно и то же, поверхности той части аллювия, что накопилась за счет прогибания) и цоколем более молодой террасы (H_6 на рис. 4, А.В).

Сравнение графиков (Б и В на рис.4) показывает, что во втором случае на графике В проявились периоды тектонического опускания района, отсутствующие на первом графике Б, и более точно определены все амплитуды НТД.

В качестве конкретного примера проведем лестницу аккумулятивных террас и эрозив-

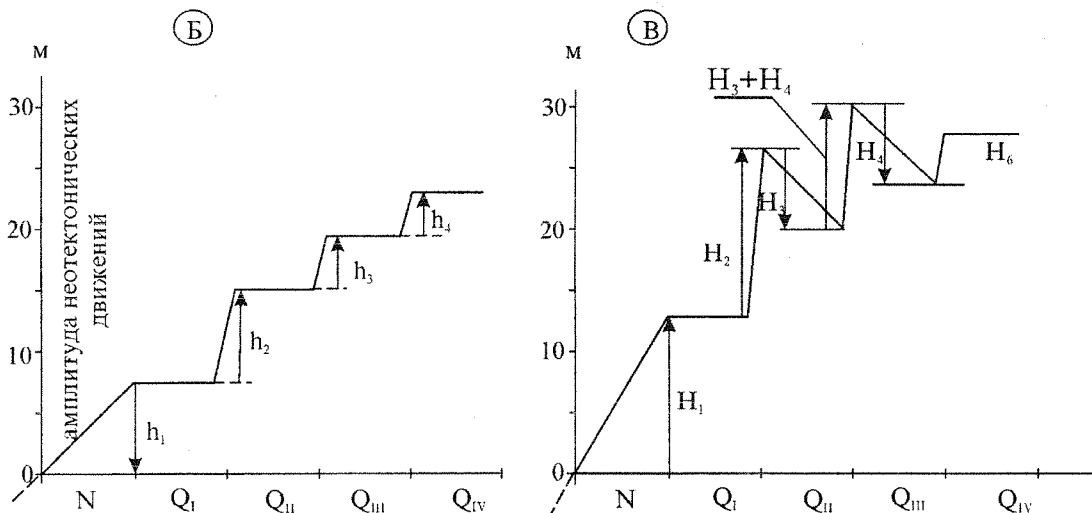


Рис. 4, Б – график неотектонических движений, составленный на основании анализа террасовой лестницы только с учетом высоты террас друг над другом;

В – то же, но с учетом высотного положения цоколей террас и мощности их аллювия

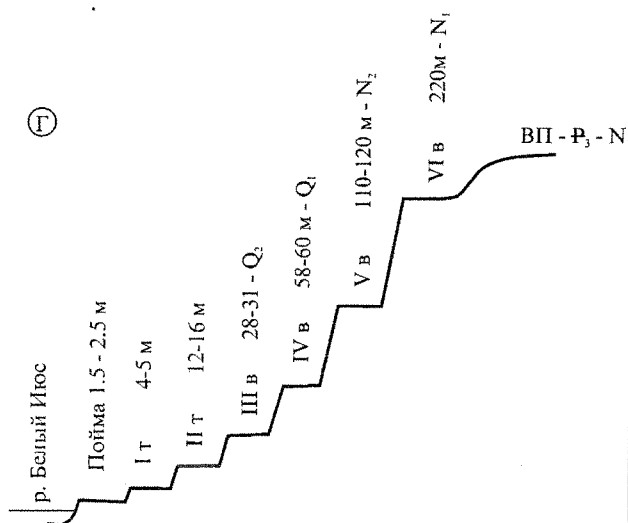


Рис. 4, Г – Схематическая (вне масштаба) “лестница” террас (т) и эрозивно-денудационных врезов (в) восточного склона Кузнецкого Алатау у пос. Ефремкино (составил автор)

* - Примечание: шкала геологического времени на графиках дана вне масштаба

кумулятивных мор-фоциклов. Весьма вероятным представляется, что педилены и пенеплены завершеного развития таких крупных территориальных подразделений, как страны и провинции, сопоставляются с региональными перерывами в осадконакоплении длительностью не менее целых периодов, т.е., между системами. Поверхности выравнивания незавершеного развития, выраженные в крупной ярусности гор, сопоставляются с перерывами в осадконакоплении между стратиграфическими подразделениями в ранге подсвит и свит длительностью до века. Поверхности выравнивания, представленные днищами эрозивно-денудационных врезов соответствуют перерывам между толщами в составе свит, террасовые уровни долин - границам между пачками в составе толщ.

Литература

1. Варсанюфьева В.А. Геоморфологические наблюдения на Северном Урале. – Изв. Геогр. общ-ва СССР, т.64, вып.2, 1932. С. 105-107.
 2. Костенко Н.П. Развитие рельефа горных стран. – М.: «Мысль», 1970. С.64-122.
 3. Пенк В. Морфологический анализ. – М.: Географиздат, 1961. -- 359 с.
 4. Усов М.А. Элементы геоморфологии и геологии рыхлых отложений. – В кн. «Основные идеи М.А. Усова в геологии», Алма-Ата, Изд. АН Каз. ССР, 1960. С. 208-211
- Хаин В.Е. Общая геотектоника. – М.: Недра, 1973. С. 84-87.

THE LAYERING OF RELIT AND IT'S USING FOR THE STUDING OF NEOTECTONICAL MOVEMENTS

S.S. Gudymovich

The layering of relief includes actually a large layering of relief, the erosive – denudational cuttings of the mountain slopes and flight of terrases of the vallies. All these kinds of layering of relief grows out of the neotectonical epeirogenetic oscillatory movements of the different order. The important feature of the sinorogenic planed surfaces o the layering is it's rejuvenation from a periferion to the central of the orogenic uplifting. The clifference absolute heights of the layering of relief is a amplitude of neotectonical crustal recoil, pact in the period between formation of these layering of relief. At construction of the diagrams of neotectonical movements on the flight of terrases of the vallies it is necessary to take into account a normal and superfluous thickness of the alluvium.

но-денудационных врезов восточного склона Кузнецкого Алатау у пос. Ефремкино в долине р. Белый Июс (рис. 4,Г). Анализ лестницы свидетельствует, что весь район в течение неоген-четвертичного времени испытал прерывистое поднятие с закономерно затухающей амплитудой.

Таким образом, наблюдаемый в настоящее время рельеф любого района есть конечный (непрерывно изменяющийся!) результат суммирования морфоциклов разного порядка, каждый из которых оставляет после себя так или иначе выраженную поверхность выравнивания. Совокупность всех этих поверхностей выравнивания и составляет ярусность денудационного рельефа.

В заключение сопоставим ярусность и поверхности выравнивания рельефа, возникающие в результате его циклического денудационного развития, со слоистостью коррелятивных осадочных толщ, накапливавшихся в условиях ак-