

Спиридонов А. И. Актуальные вопросы изучения склонов. В кн. «Склоны, их развитие и методы изучения». «Вопросы географии», вып. 85. М., «Мысль», 1971.
Суходровский В. Л. Современное экзогенное рельефообразование в криолитозоне. Автореф. докт. дис. Новосибирск, 1975.
Суходровский В. Л., Гравис Г. Ф. Мерзлота и рельеф. В кн. «Проблемы экзогенного рельефообразования», кн. 1. Рельеф ледниковый, криогенный, эоловый, карстовый и морских побережий». М., «Наука», 1976.

Институт мерзлотоведения
СО АН СССР

Поступила в редакцию
30.XI.1978

THE NEOGENE FLUVIAL TERRACE SCARP DOWN-WEARING AT THE LENA RIVER DURING THE HOLOCENE

V. L. SUKHOVROVSKY

Summary

Comparative analysis of three sections of fluvial sandy terrace at Central Yakutia revealed changes in the slope's structure during the Holocene. At the east-facing slope the defluction is the prevailing process; the slope inclination decreased from 42 to 28°, a 10—5° deluvial apron being formed at the slope base. At the north-facing slope defluction goes with cryosolifluction; at first the upper part of the slope was flattened (to 28°), and then retreated as the lower part decreased in steepness to 15° and deluvial-solifluctional apron was formed (the latter being 9 to 3—4° steep).

УДК 551.4.01 : 551.4.04

Д. Д. ТАБИДЗЕ

ОБ ОБЪЕМНО-БАЛАНСОВОМ МЕТОДЕ ИЗУЧЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Сущность предлагаемого метода заключается в количественном (в объемных показателях) изучении ряда противоположно направленных процессов рельефообразования. Тектоническое погружение, «уход» за пределы района отдельных блоков в результате их горизонтального перемещения, денудация — вот основные процессы, обуславливающие уменьшение объема рельефа. Напротив, рост объема рельефа происходит в результате тектонических поднятий, горизонтальных перемещений блоков, их «вдвигания» в пределы района, процессов аккумуляции. Результаты этих процессов выражаются в объемных показателях (км³, м³), характеризующих направленность и интенсивность развития рельефа.

Изучение колебательных движений земной коры объемным методом было предложено в 1949 г. А. Б. Роновым. В дальнейшем этот метод был развит и усовершенствован В. В. Белоусовым (1962) и Е. Е. Милановским (1968). Он предполагает компенсацию колебательных движений земной коры процессами осадконакопления и размыва. Сущность метода состоит в определении объема терригенных отложений, снесенных денудацией в депрессии, и площади областей размыва. На основании этих данных можно подсчитать амплитуду поднятия для каждого отрезка геологического времени.

Практическое использование объемного метода в геологии, как отмечает Е. Е. Милановский (1968), встречает большие трудности, обусловленные малой надежностью применяемых при расчетах исходных величин (мощностей терригенных отложений и контуров суши и моря в разные геологические периоды). Более широкие возможности открываются при использовании объемного метода для анализа новейших вертикальных тектонических движений. Однако отмеченные трудности полностью не исчезают и для последнего отрезка геохронологической шкалы. Значительно большие перспективы можно предсказать объемному методу при изучении современных геоморфологических процессов. Количественное изучение современных геоморфологических процессов в глобальных масштабах — дело будущего. В пределах конкретных регионов следует проводить стационарное изучение двух групп противоположно направленных процессов — увеличивающих и уменьшающих объем рельефа. Для определения условий образования типов рельефа И. П. Герасимов (1943) выделяет 5 основных случаев взаимоотношений тектонических (Т), денудационных (Д) и аккумулятивных (А) процессов: $+T < D$ — стадия образования предгорных равнин; $+T = D$ — платоженная стадия; $+T > D$ — стадия образования гор; $-T = A$ — стадия образования нормальных аккумулятивных равнин; $-T > A$ — стадия образования опущенных равнин.

Н. И. Николаев (1949) добавил еще одну стадию развития рельефа, когда в областях погружения интенсивность последнего меньше интенсивности аккумуляции: $-T < A$. В этом случае водоемы или внутренние замкнутые бассейны будут заполняться осадками. Однако Н. И. Николаев отмечает трудность отнесения существующих в природе типов рельефа к одной из вышеотмеченных стадий развития, так как, по его мнению, необходимо учитывать множество разнообразных факторов: время и площадь проявления процессов денудации, особенности климата, литологическое и структурное строение региона, геологическую историю.

По нашему мнению, схему взаимодействия основных геодинамических процессов можно положить в основу теории изучения и современных геоморфологических процессов. При этом необходимо дополнить ее тремя возможными случаями взаимодействия основных экзогенных процессов (аккумуляция и денудация) в тектонически нейтральных зонах: $D = A$, $D > A$ и $D < A$.

Геодетекские данные свидетельствуют о повсеместной тектонической активности земной коры. Однако на карте современных вертикальных движений земной коры Восточной Европы (Лилиенберг и др., 1972) площадь между изолиниями скоростей $+1$ и -1 мм/год составляет почти 50% всей площади карты. Эти территории характеризуются слабой тектонической активностью, и их части, находящиеся в непосредственной близости к нулевой изолинии, можно рассматривать как тектонически нейтральные. Если такой характер движений сохранится в течение длительного геологического времени, то в первом случае может сформироваться полигенетическая выровненная поверхность, во втором — денудационная, а конечным результатом последнего случая представляется наклонная аккумулятивная равнина.

Кроме отмеченного, необходимо допустить два случая взаимоотношения эндогенных и экзогенных процессов: 1) когда аккумуляция преобладает на территориях, испытывающих тектогенный рост объема рельефа; 2) когда денудация преобладает на территориях, испытывающих тектогенную убыль объема. Территории, рельеф которых развивается при таких режимах геодинамических процессов, на общем фоне морфогенеза можно рассматривать как «аномальные», поскольку там эндогенные и экзогенные процессы действуют в одном направлении как дополняющие друг друга, а не взаимокompенсирующие.

Примером первого случая является Ширакская замкнутая синклинальная впадина в пределах Иорского плоскогорья, между долинами Куры и Алазани. Этот район и ныне представляет область абс. поднятия. Хотя аккумуляция на дне синклинальной впадины продолжается в течение всего четвертичного периода, она не компенсирует отставания в темпах поднятия днища котловины от ее склонов.

Примером проявления денудации в областях погружения может служить территория Антикавказского хребта и Закавказского вулканического нагорья вдоль железной дороги Тбилиси—Ленинкан. Согласно карте современных вертикальных движений Восточной Европы, эта территория испытывает погружение; одновременно она же является ареной денудации, так как высоко поднята над современной поверхностью Кура-Араксинской низменности.

Вышеотмеченные примеры доказывают, что направленность (денудация или аккумуляция) и интенсивность современных экзогенных процессов часто не соответствуют знаку и скорости современных тектонических движений, поскольку они определяются усредненными, фоновыми значениями последних за весь неотектонический этап и сложившимся рельефом. Тем не менее при изучении современных геоморфологических процессов главное внимание следует уделить современной эндогенной динамике морфоструктур, количественной характеристике интенсивности их современных движений (в объемных показателях), которые характеризуются сравнительно коротким отрезком времени (30—50 лет) и нередко будут отличаться от фоновых показателей этих движений.

Измерение тектогенного «прихода» и «ухода» определенных объемов рельефа по отношению к условной уровенной поверхности и границам исследуемой территории, а также денудации и аккумуляции в объемных показателях даст возможность определить направленность и интенсивность развития современного рельефа.

Если в районах денудации и тектогенного нарастания объема рельефа ежегодный эндогенный прирост последнего больше, чем объем размывтой массы за этот же период, то развитие рельефа будет восходящим; в обратном случае — нисходящим; при равенстве этих объемов существует равновесное состояние (растущие, снижающиеся и равновесные горы, по О. А. Кашменской, 1975). В условиях превышения объемом ежегодной аккумуляции объема погружения и горизонтального «ухода» масс (ниже уровенной поверхности и по окраинным вертикальным плоскостям) развитие рельефа будет восходящим; в обратном случае — нисходящим; при равенстве наступит равновесное состояние.

В тектонически нейтральной зоне направленность развития современного рельефа определяет соотношение объемов денудации и аккумуляции. При их равенстве существует равновесное состояние, в условиях преобладания денудации — нисходящее, а в обратном случае — восходящее развитие рельефа. В районах тектогенного уменьшения объема и размыва развитие современного рельефа всегда будет нисходящим, а в областях тектогенного увеличения объема рельефа и аккумуляции — восходящим.

Если абс. показатели объема (км^3 , м^3) аккумуляции и тектогенного увеличения объема рельефа обозначим знаком +, а тектогенную убыль объема рельефа и размыва знаком —, тогда алгебраическая сумма объемов, созданных этими процессами, определит направленность и интенсивность развития современного рельефа, которые можно рассчитать по формуле:

$$И = V_{\text{тп}} + V_{\text{а}} - V_{\text{ту}} - V_{\text{д}},$$

где И — интенсивность развития современного рельефа, $V_{\text{тп}}$ — объем приподнятой части литосферы выше уровенной поверхности и тектоген-

ного прихода объема с разных сторон исследуемого района, V_a — объем аккумулятивных образований, $V_{тy}$ — объем тектогенного опускания и ухода частей блоков и структур за пределы исследуемого района, а V_d — объем денудированной массы с поверхности рельефа и его внутренних частей. Все величины рассчитаны на единицу площади ($км^2$) в течение одного года. Знак остаточного объема Π (ΔV) определяет направленность развития современного рельефа, а его абс. значение, рассчитанное на единицу площади в течение одного года, — интенсивность рельефообразования.

При характеристике современной динамики рельефа крупных орографических элементов: хребтов, плато, возвышенностей, равнин и т. д., можно пользоваться и абс. показателями остаточного объема без расчета его на единицу площади.

Следует отметить некоторую условность применяемых нами терминов: восходящее, нисходящее развитие и равновесное состояние современного рельефа при изучении его динамики объемным методом. Правильнее было бы употреблять выражения: рельеф с уменьшающимся, увеличивающимся и уравновешенным объемом. Однако по нашему мнению, можно сохранить и первый, более традиционный вариант терминов, если иметь в виду динамику средней высоты рельефа, а не его вершинный уровень, который может испытывать понижение и при положительном балансе вещества.

Наиболее объективным показателем общей направленности развития рельефа следует принимать характер изменения его средней высоты. При положительном балансе объема средняя высота рельефа будет увеличиваться, при отрицательном — уменьшаться, а при равновесном — останется постоянной.

Для определения направленности и интенсивности развития современного рельефа необходима количественная оценка всех процессов рельефообразования в объемных показателях. Последнее уже принято для некоторых экзогенных процессов (карстовая и гравитационная денудация и др.). Подобные характеристики можно получить и для других экзогенных процессов при организации их площадного изучения стационарными методами, в том числе и для антропогенных процессов.

В образовании и движении по склонам рыхлого материала (продуктов разрушения) принимают участие многие внешнединамические процессы, а вынос материала за пределы исследуемого района осуществляется лишь немногими из них. Для подсчета баланса необходимо изучение именно этих процессов в течение определенного отрезка времени. В гумидных зонах особенно важно всестороннее изучение речного стока.

Чтобы получить характеристику вертикальных и горизонтальных движений земной коры в объемных показателях, необходима детальная схема морфоструктур исследуемой территории. Это позволит наиболее рационально выбрать пункты триангуляции и линии повторного нивелирования. Геодезическими методами определяют скорости движений всех морфоструктур, после чего следует перенести их контуры на поверхность геоида, где и измерить их площадь. Имея площади и скорости движения морфоструктур, можно определить объем ежегодно поднимающейся части литосферы путем расчленения последней на отдельные фигуры геометрических форм. Рассмотренную методику определения можно применять в районах развития блоковых структур. В условиях складчатых структур следует использовать метод сечения поднимающейся части литосферы горизонтальными плоскостями.

Изучение интенсивности аккумуляции на территориях обширных аккумулятивных равнин требует стационарных наблюдений, которые должны производиться на основе детального исследования региональных особенностей проявления этого процесса в пространстве и во

времени. Для количественной оценки аккумулятивных процессов можно использовать и палеогеографические данные, в частности абс. возраст аккумулятивных образований, датировку террасовых уровней и т. д. Эти материалы сокращают объем полевых стационарных наблюдений. Объемный метод дает возможность полной количественной оценки геодинамических процессов, в том числе и тех, которые воздействуют не только на поверхность рельефа, но и на породы, расположенные ниже топографической поверхности, например карста. По данным Г. А. Максимова (1963), на суше карстующиеся породы, обнаженные и погребенные, занимают свыше 50 млн. км², а по данным Л. И. Маруашвили (1970), площадь карстосферы гораздо больше — 70 млн. км².

Объемный метод исследования современных геодинамических процессов представляется наиболее удобным и для изучения и количественной оценки горизонтальных движений масс. Современные движения земной коры отмеченного типа, по данным Ю. Д. Буланже (1975), доказываются геодезическими измерениями, в частности на примере сближения хребтов Петра Первого и Гиссарского со скоростью 20 мм/год. Имеются примеры только лишь горизонтального перемещения блоков между двумя сбросами. Такие сбросы С. Н. Бубнов (1960) называет «рельсами» горизонтальных движений земной коры.

Скорости горизонтальных движений следует определять по отношению к угловым точкам топографических карт, координаты которых нужно периодически измерять на основании триангуляции высшего класса с определением астрономических пунктов. Местонахождение этих точек можно считать постоянным (если не изменятся параметры ныне принятого геоида).

По материалам Г. Н. Хмаладзе (1978), З. И. Чантладзе (1969), В. М. Джикия (1979), Д. А. Лилиенберга и др. (1969) нами были определены направленность и интенсивность развития рельефа в бассейне р. Кодори. Объем масс, ежегодно выносимых за пределы этой территории всеми экзогенными процессами, по данным Г. Н. Хмаладзе (сток взвешенных и влекомых наносов — 791 000 м³) и З. И. Чантладзе (ионный сток 380 000 т, или 245 161 м³), равняется 1 036 161 м³ (—518 м³/км²), а объем ежегодно поднимающейся части литосферы выше уровня поверхности равен +1 921 916 м³ (+966 м³/км²). При определении динамики тектогенного объема для бассейна р. Кодори были использованы материалы повторного нивелирования по Военно-Сухумской дороге В. М. Джикия (1979) и карта современных вертикальных движений земной коры Восточной Европы (Лилиенберг и др., 1972). Эти материалы были интерпретированы для морфоструктурной схемы, составленной нами в крупном масштабе для бассейна р. Кодори.

Алгебраическая сумма эндогенных и экзогенных объемов в пределах исследуемой территории равняется 885 755 м³/год (+448,8 м³/год/км²), что составляет ежегодный прирост объема рельефа в пределах исследуемой территории. Таким образом, территория бассейна р. Кодори характеризуется восходящим развитием современного рельефа; интенсивность развития рельефа (вычисленная по вышеприведенной формуле) +885 775 м³/год или +448,8 м³/год/км². Эти вычисления в дальнейшем следует уточнить, так как из-за отсутствия материалов не учитывался «приход» и «уход» объема рельефа в горизонтальном направлении.

ЛИТЕРАТУРА

- Белоусов В. В. Основные вопросы геотектоники. М., Гостеолтехиздат, 1962.
Бубнов С. Н. Основные проблемы геологии. М., Изд-во МГУ, 1960.
Буланже Ю. Д. Отчет о деятельности комиссии по современным движениям земной коры международной Ассоциации геодезии за период 1967—1971. В кн. «Пробл. соврем. движ. земной коры». Таллин, 1975.

- Герасимов И. П. Современные проблемы геоморфологии Казахстана. Казахский фил. АН СССР, Алма-Ата, 1943.
- Гергедава Б. А. Опыт ландшафтной классификации карстовых пещер. «Изв. ВГО», т. 100, 1968.
- Джикия В. М. Результаты изучения современных движений земной коры в Колхидской низменности по данным повторных нивелировок. Тбилиси, «Мецниереба», 1979.
- Кашменская О. А. О динамической классификации горной геоморфологической системы. В кн. «Структурная геоморфология горных стран». М., «Наука», 1975.
- Лилиенберг Д. А., Сетунская Л. Е., Благоволит Н. С., Горелов С. К., Никонов А. А., Розанов Л. Л., Серебрянный Л. Р., Филькин В. А. Морфоструктурный анализ современных вертикальных движений Европейской части СССР. «Геоморфология», № 1, 1972.
- Лилиенберг Д. А., Матцкова В. А., Горелов С. К., Думитрашко Н. В., Муратов В. М. Карта современных вертикальных движений и морфоструктуры Кавказа. В кн. «Проблемы современных движений земной коры». Тр. III международн. симпозиума по современным движениям земной коры. М., «Наука», 1969.
- Лопатин Г. В. О размере транзитной части водной эрозии. «Докл. АН СССР», т. 73, № 2, 1950.
- Максимович Г. А. Основы карстоведения, т. 1. Пермское книжное изд-во, 1963.
- Милаковский Е. Е. Новейшая тектоника Кавказа. М., «Недра», 1968.
- Маруашвили Л. И. Картосфера, ее размеры и отношение к другим геосферам. «Сообщ. АН ГрузССР», т. 57, № 2, 1970.
- Николаев Н. И. Новейшая тектоника СССР. М.—Л., Изд-во АН СССР, 1949.
- Ронов А. Б. История осадконакопления и колебательных движений Европейской части СССР (по данным объемного метода). М.—Л., 1949.
- Хмаладзе Г. Н. Выносы наносов реками Черноморского побережья Кавказа. Л., Гидрометеиздат, 1978.
- Чантладзе З. И. Химическое качество поверхностных вод. В кн. «Ресурсы поверхностных вод СССР», т. 9. Закавказье и Дагестан, вып. 1, Западное Закавказье. Л., Гидрометеиздат, 1969.

Институт географии
АН ГССР

Поступила в редакцию
18.VII.1978

ON THE VOLUME BUDGET METHOD OF THE STUDY OF PRESENT-DAY RELIEF-FORMING PROCESSES

D. D. TABIDZE

Summary

A new volumetrical method is introduced of the investigation of present-day geomorphological processes. The volume-forming processes include the volume increase due to vertical rise and bringing the lithospheric blocks into region under study by tangential crust movements; accumulation; volume decrease due to down-warpage and blocks' movement out of the region; erosion. Quantitative study (in terms of volume) of main geodynamic processes results in definition of trend of the relief evolution (uprising, equilibrium, descending) and its rate, the latter being calculated using the following equation:

$$И = V_{\text{тп}} + V_{\text{а}} - V_{\text{ты}} - V_{\text{д}}$$

where И—rate of relief evolution; $V_{\text{тп}}$ —volume of lithosphere brought by tectonics above a conventional level; $V_{\text{а}}$ —volume of built-up forms; $V_{\text{ты}}$ —volume of lithosphere removed by tectonics below the conventional level; $V_{\text{д}}$ —volume of matter removed by erosion from the surface and interior parts of the present-day morphostructures. All values are reduced to area units per year.