Известия АН Армянской ССР, Науки о Земле, 2, 85—92, 1971

УДК 551.4

Ф. С. ГЕВОРКЯН

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОБЪЕМА СНОСА С ПОВЕРХНОСТИ СУШИ

Определение объема разрушенных материалов, сносимых реками или другими путями из областей поднятий, имеет очень важное значение для выявления соотношений поднятия и разрушения, вычисления денудационного слоя, запасов россыпных и других месторождений.

Общее количество сноса можно вычислить гидрологическим методом: определением расхода твердого стока картометрическим методом; разбивкой отрицательных эрозионных форм на множественные геометрические тела (многогранники, призмы, конусы, усеченные конусы, сегменты и т. д.) и исчислением их объема. Способы исчисления этих объемов приведены в книге И. М. Волкова [2]. Но указанные методы не дают истинного представления об общем объеме сносимых материалов в определенных геологических периодах.

Величина расхода твердого стока зависит от физико-географических и геологических условий данного бассейна, а эти условия в различных геологических периодах неодинаковы, так что распространение современных данных о расходе твердого стока на разные геологические периоды ошибочно. Во втором случае мы не имеем истинного представления о начальном высотном положении первичного уровня, где началось образование эрозионных форм. Из этого следует, что для определения объема сноса, прежде всего необходимо восстановить и картировать верхний и нижний предел воздействия денудации и эрозии данного бассейна или участка и установить их возраст. Предлагаемый нами метод базируется именно на этой основе.

Рельеф горных стран включает в себя как остатки предшествующего (древнего) рельефа в виде фрагментов поверхностей выравнивания, эрозионных террас и др., так и общие черты и характер развития последующего рельефа, который в будущем должен смениться современным рельефом. Эти общие черты последующего рельефа отражаются в форме деформации продольных профилей тальвегов рек. Из этого следует, что в горных странах мы имеем дело с тремя основными геоморфологическими уровнями, соответствующими верхнему и нижнему уровням воздействия эрозии и поверхности топографического (физического) рельефа.

«Поверхность выравнивания» является универсальным термином, который объединяет совершенно различные по типу и генезису уровни, развитые в горных странах. Не углубляясь в данном вопросе, для наших построений эти древние поверхности применяются как верхний пре-

дел одного или нескольких циклов эрозии и названы первичными поверхностями.

«Базисный уровень»—это поверхность, отражающая характер продольных профилей тальвегов рек, т. е. самый низкий предел воздействия эрозии в данном бассейне, или иначе — базисный уровень отражает такую идеальную поверхность, которая получилась бы, если денудация и эрозия уничтожили и снивелировали все положительные формы рельефа до уровня тальвегов рек. Различают абсолютные и местные базисы эрозии. Для рек Армянской ССР абсолютным базисом эрозии является уровень Каспийского моря (—28 *м*), а местным базисом эрозии — высота устьев главной реки данного бассейна.

Для изучения возраста и характера развития речных систем важным критерием является определение порядка долин. В последнее время более строгое и четкое правило определения порядка долин было разработано В. П. Философовым [9], который в отличие от нумерации Р. Хортона [10] и Б. П. Панова [6], отсчет порядка долин производит сверху вниз.

Сейчас попытаемся выяснить имеется ли какая-либо связь между порядком долины и циклами эрозии и выравнивания. Как известно, в орогенных зонах существуют многочисленные циклы активизации эрозии, которые сменяются этапами тектонического покоя или замедленного поднятия, приводящих к сглаживанию и выравниванию рельефа. Каждый этап тектонического поднятия образует определенное количество потенциальной энергии, которая в дальнейшем расходуется для углубления существующих долин и образования новых. Боковые, неразветвленные долины, приуроченные к равнинам водораздельных пространств, в период тектонического покоя, в последующем цикле эрозии начинают разветвляться и превращаются в долины 2-го порядка и т. д. Из этого следует, что каждое увеличение порядка долин соответствует, по-видимому, одному эрозионному циклу. Основой для такого суждения послужил анализ овражно-долинной сети, сформировавшейся в разновозрастных лавовых потоках и покровах восточной части Армянского вулканического нагорья. Здесь К. Н. Паффенгольц [7] выделяет пять типов четвертичных лав — А, В, С, Д, Е. Для их возрастного расчленения, принята «альпийская» схема. Каждый цикл излияния приурочен к межледниковой эпохе и фазам активизации эрозионной деятельности. По мнению С. П. Бальяна [1], недостаток этой схемы заключается в необоснованном выделении в ряде случаев древнечетвертичных лав, а также в разделении их на типы А и В, в частности, это относится к долеритовым лавовым покровам. С. П. Бальян [1] выделяет четыре комплекса лавовых покровов: 1) средне (?) — верхнеплиоценовые покровные лавы, 2) нижнечетвертичные лавовые покровы, 3) среднечетвертичные лавы, 4) верхнечетвертичные голоценовые лавы. Изучение овражно-долинной сети, образовавшейся в этих разновозрастных лавах, выявило интересные закономерности. В самых молодых лавовых потоках величина долин не превышает 1-й порядок и в отдельных

участках долины совершенно отсутствует. В среднечетвертичных лавах долины, в основном, 1-го и 2-го порядка, в нижнечетвертичных лавах— до 3-го порядка, а в плиоценовых лавовых покровах порядок долин может иногда доходить до 4-го. Долины приобретают порядок выше 4-го в тех участках своих бассейнов, которые находятся в складчато-глыбовых горах, сложенных более древними породами.

Перейдем к складчато-глыбовому типу рельефа. Одним из таких участков является бассейн р. Гетик (правый приток р. Агстев), где применен данный метод и количественно детально нами изучен [2]. Бассейн охватывает южные склоны Миапорского и северные склоны Арегунийского хребта, а верхнюю часть бассейна занимает Красносельская котловина. Площадь бассейна 588 *кв. км*, амплитуда высот колеблется от 898 *м* (устья р. Гетик) до 2993 *м* (г. Мургуз). Долина р. Гетик в нижней части течения приобретает 5-й порядок, т. е. образование долины происходило до среднеплиоценового времени.

Здесь выделяются шесть денудационных уровней, на высоте 2650—2700, 2450—2500, 2250—2300, 2000—2150, 1700—1950 и 1550 *м*. Сопоставляя эти данные с данными Н. В. Думитрашко [3], Е. И. Нефедьевой [5], Н. М. Казаковой и Н. В. Думитрашко [4], можно установить, что возраст денудационного уровня, лежащего на высоте 2650—2700 *м*, верхнемиоценовый (сармат), на высоте 2450—2500 *м* — нижний или средний плиоцен, 2250—2300 *м* — верхний плиоцен (акчагил), 2000—2150 *м*— верхний плиоцен—нижний плейстоцен (апшерон-баку). Поверхность на высоте 1700—1950 *м* совпадает с дном Красносельской котловины, когда-то, по-видимому, в среднечетвертичное время, занятой водным бассейном.

Уровень, расположенный на высоте 1550 *м*, в нижнем бассейне является эрозионной террасой, врезание которой происходило с осушением верхнегетикского озера. Итак, на примере бассейна р. Гетик можно установить следующее. Базисная поверхность, построенная с учетом долин всех порядков, отражает самый низкий предел воздействия последнего эрозионного цикла. Базисные поверхности, построенные с учетом долин 2-го и высшего порядка, отражают низкий предел воздействия предпоследнего цикла эрозии, а с учетом долин только самого высокого порядка (в данном случае 5-го) отражают низкий предел воздействия всех циклов эрозии, начиная с периода заложения данной речной системы. Первичные поверхности, построенные с учетом только самого верхнего уровня выравнивания, отражают рельеф, существовавший до заложения речной системы, а с учетом самых низких уровней выравнивания—отражают рельеф, существовавший до начала последнего цикла эрозии.

Первым этапом работы при определении объема сноса является восстановление и картирование базисных и первичных поверхностей. Методика построения этих карт и нескольких других разработана В. П. Философовым [9], сущность которой заключается в графическом раз-

ложении на составные части рельефа, изображенного на топографической карте.

Карту базисных поверхностей можно построить с учетом долин 1-го порядка и выше, или с учетом высших порядков. Для одного и того же бассейна, в зависимости от цели работы, можно составить столько базисных поверхностей, сколько имеется порядков долин.

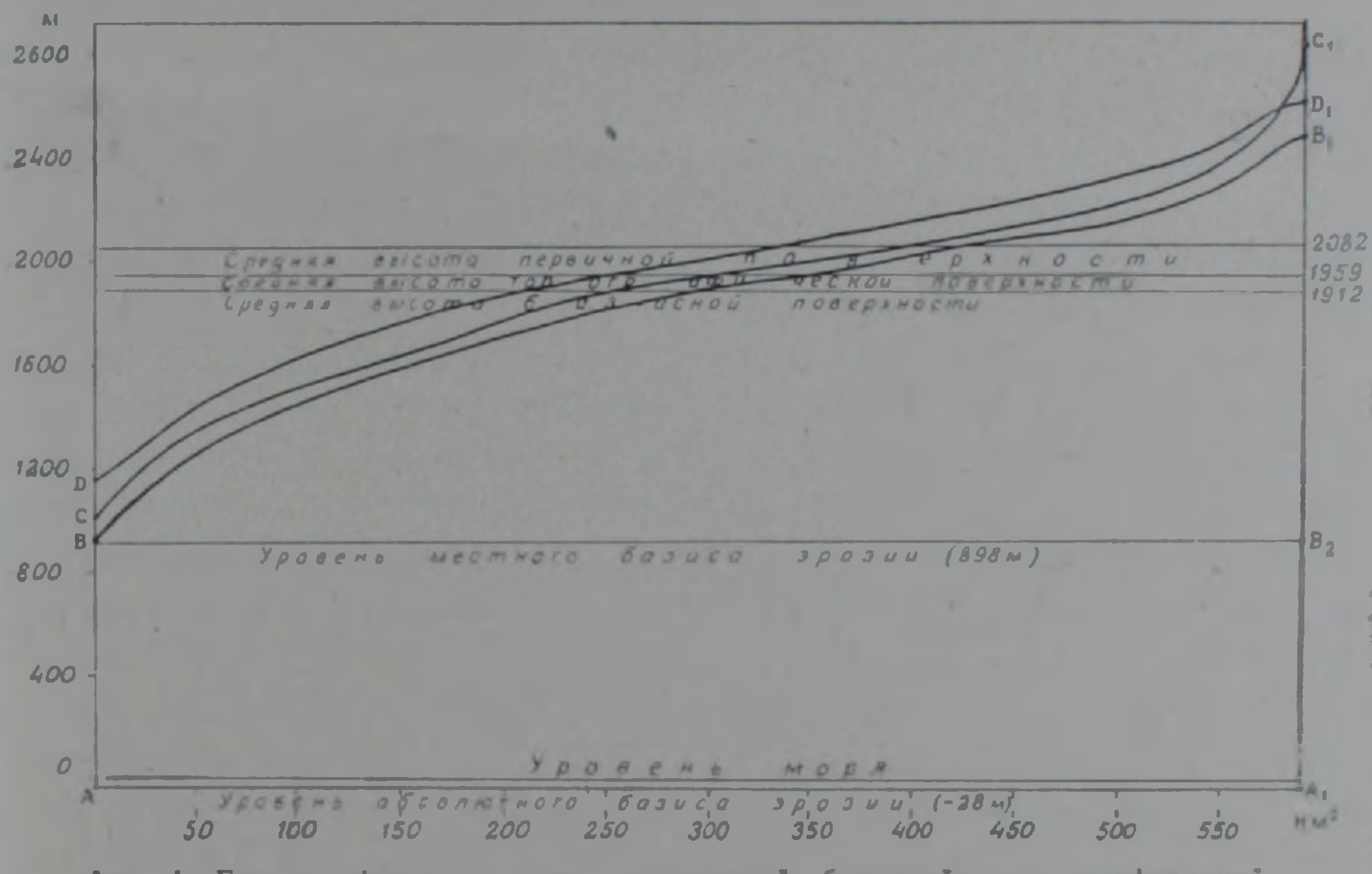
Карта первичного рельефа (верхний базис и денудации — по В. П. Философову [9]), составляется следующим образом: на топокарте вычерчивают водораздельные линии между всеми долинами. Затем определяется порядок водораздельных линий подобно тому, как это делается для долины. Нам кажется, что расчленение отрогов хребтов по порядкам, как это принято для долин, неправильно и лишено генетической основы, т. к. в отрогах хребтов любого порядка можно встретить поверхности выравнивания самых разных возрастов или те же денудационные поверхности могут расчленяться реками на отроги с разными величинами порядков. При построении карт первичной поверхности нами внесены следующие коррективы: вместо того, чтобы расчленить отроги порядков, в топографических картах разными цветами выделили контуры разновозрастных поверхностей выравнивания. Последние встречаются в водоразделах и на склонах хребтов и хорошо выделяются на крупномасштабных картах своими ровными или слабо пологими поверхностями. Если имеются литературные данные о возрасте поверхностей выравнивания, то дело облегчается, в противном случае необходимо установить их возраст самостоятельно, существующими для этого методами [8, 11]. В этом случае первичные поверхности, проведенные через те отрезки водораздельной линии, которые расположены в данном контуре поверхностей выравнивания и выше, отражают первичный рельеф, существовавший в том геологическом периоде, который соответствует возрасту данного уровня поверхности выравнивания.

Можно составить столько карт первичного рельефа, сколько имеется уровней поверхностей выравнивания.

После картирования этих поверхностей, для определения объемов, необходимо еще вычислить среднюю высоту этих поверхностей. Существует ряд методов вычисления средних высот поверхностей рельефа [2]. Одним из них является гипсографическая кривая. Для построения такой кривой по оси абсцисс откладывают площади слоев, а по оси ординат — высоты изогипс, которые служат границами высотных ступеней. Вместо площадей можно откладывать процентное отношение этих площадей. При исчислении средней высоты следует измерить в квадратных сантиметрах площадь, ограниченную гипсографической кривой и осями координат, и эту площадь разделить на длину основания кривой, выраженную в сантиметрах. Далее получившиеся сантиметры следует выразить в метрах с учетом вертикального чертежа. Площадь кривой можно определить подсчетом миллиметровых клеточек или легче — планиметром. Точность исчисления средней высоты путем измерения площа-

дей, ограниченных изогипсами, зависит во многом от степени подробности изображения рельефа на карте — чем меньше сечения изогипс, тем точнее может быть произведено вычисление. После исчисления средней высоты объем географического объема может быть получен уже как произведение площади его основания на среднюю высоту: $V = pH$.

На фиг. 1 приведена гипсометрическая кривая базисной поверхности, составленной с учетом долин всех порядков (BB_1), топографического рельефа (CC_1) и первичной поверхности с учетом всех уровней поверхностей выравнивания (DD_1).



Фиг. 1. Гипсографическая кривая первичной, базисной и топографической (физической) поверхностей бассейна р. Гетик.

В данном чертеже мы имеем следующие объемы:

1. Объем (V_1), расположенный между базисной поверхностью и уровнем абсолютной базисной эрозии (площадь $AB\ B_1A_1$). Данный объем земной коры является незатронутым эрозией. Часть этого объема, расположенного между уровнем местного и абсолютного базиса эрозий (многоугольник $AB\ B_2A_1$), для исчисления объема сноса можно не учитывать.

2. Объем (V_2), лежащий между первичной поверхностью и уровнем местного базиса эрозии (BDD_1B_2).

3. Объем (V_3), лежащий между поверхностью топографического рельефа и уровнем местного базиса эрозии ($BCC_1\ B_2$).

4. Объем (V_4), лежащий между базисной поверхностью и уровнем местного базиса эрозии ($BB_1\ B_2$).

5. Объем (V_5) между базисной и топографической поверхностью рельефа ($BCC_1\ B_1$), являющийся объемом остаточного рельефа.

6. Объем (V_6) между первичной и топографической поверхностью рельефа ($CDD_1\ C_1$) — объем сноса.

После измерения проекционной площади (P) данного бассейна и исчисления средней высоты поверхности топографического рельефа (h_1) первичной (h_2) и базисной (h_3) поверхностей, уже нетрудно, как видно из чертежа, вычислить объем сноса и остаточного рельефа простейшей формулой (1 и 2).

$$V_6 = V_2 - V_3 = (Ph_2) - (Ph_1) \qquad (1)$$

$$V_5 = V_3 - V_4 = (P \cdot h_1) - (P \cdot h_3) \qquad (2)$$

По нашему исчислению, в бассейне р. Гетик $P = 588$ *км*, $h_1 = 1{,}061$ *км*, $h_2 = 1{,}184$ *км*, $h_3 = 1{,}004$ *км*. Подставив эти величины в формулы 1 и 2, получим: $V_6 = 72{,}324$ *км*^{3}, $V_5 = 33{,}516$ *км*^{3}, т. е. в бассейне р. Гетик объем сноса, лежащий между базисной поверхностью, построенной с учетом всех первичных уровней, составляет 72,324 *км*^{3}, а объем остаточного рельефа между этими поверхностями, который может быть в будущем удален из бассейна, равен 33,516 *км*^{3}.

Итак, если восстановить базисные, первичные поверхности данного участка или бассейна и исчислить средние высоты этих поверхностей и топографического рельефа, то можно определить общее количество сноса данного бассейна или участка со времени его поднятия, объем сноса в отдельных эрозионных циклах, отдельных осадочных толщ со времени вступления их в континентальное развитие, в некоторой степени и количество сноса из крупных интрузивных тел.

1) Общий объем сноса лежит между базисной поверхностью, построенной с учетом долин самого высшего порядка данного бассейна, и первичной поверхностью, отражающей наиболее высоко расположенную поверхность выравнивания. В этом случае средняя высота базисной поверхности будет незначительно отличаться от высоты местного базиса эрозии.

2) Для определения объема сноса в период определенного эрозионного цикла, необходимо установить его первичную поверхность и ее возраст. Нижний предел воздействия этого цикла (базисная поверхность) будет соответствовать верхнему пределу воздействия (первичной поверхности) предыдущего цикла эрозии.

3) Для определения объема сноса из осадочных толщ различного генезиса, необходимо сначала в крупномасштабных картах выделить контур данной толщи и далее сделать те же действия, что для бассейнов. Данный метод позволяет определить ту часть объема сноса, которая эродировалась после формирования в этой толще овражно-долинной сети, т. е. в последнем отрезке его континентального развития.

4) Дело затрудняется при определении объема сноса из крупных интрузивных тел, т. к. мы не знаем точного гипсометрического расположения первичной поверхности этих тел и времени их раскрытия. Здесь можно определить только ту часть объема сноса, которая была

снесена после раскрытия тела и попадания его в сферу воздействия речной эрозии и других экзогенных агентов.

Институт геологических наук
АН Армянской ССР

Поступила 22.I 1973.

Ֆ. Ս ԴԵՎՈՐԳՅԱՆ

ՅԱՄԱՔԻՑ ՏԵՂԱՏԱՐՄԱՆ ԾԱՎԱԼԻ ՈՐՈՇՄԱՆ ՄԵԹՈԴ

Ա մ փ ո փ ո ւ մ

Առաջարկվող մեթոդի հիմքում ընկած է երկրակեղևի վրա էրոզիայի և դենուդացիայի ներգործության վերին և ստորին սահմանների հաստատումը։ Էրոզիայի ներգործության վերին սահմանը համընկնում է ռելիեֆի սկզբնական, իսկ ստորինը՝ բազիսային մակերևույթների հետ։ Այս մակերևույթների վերականգնման և քարտեզագրման մեթոդները մշակել է Վ. Պ. Ֆիլոսոֆովը։ Մեր կողմից կատարվել են որոշ ճշտումներ և լրացումներ։

Տեղատարման ծավալը որոշելու համար անհրաժեշտ է կառուցել տվյալ ավազանի սկզբնական, բազիսային և տեղագրական (ֆիզիկական) ռելիեֆի մակերևույթների հիպսոգրաֆիկ կոր գծերը և դրանց միջոցով հաշվել այդ մակերևույթների միջին բարձրությունները։ Տեղատարված նյութերի ծավալը V_6 ընկած է սկզբնական և տեղագրական մակերևույթների միջև և հավասար է սկզբնական մակերևույթով և տեղական էրոզիոն բազիսի մակարդակով սահմանափակված ծավալի V_2 և տեղագրական մակերևույթով և տեղական էրոզիոն բազիսի մակարդակով սահմանափակված ծավալի V_3 տարբերությանը։ Հիպսոգրաֆիկ կորագծերի միջոցով հնարավոր է որոշել V_2 V_3 ծավալները։ $V_2=Ph_1$, $V_3=Ph_2$, որտեղ P-տվյալ ավազանի պրոեկցված մակերեսն է, h_1—սկզբնական, իսկ h_2—տեղագրական ռելիեֆի մակերևույթի միջին բարձրություններն են։

Առաջադրվող մեթոդով հնարավոր է որոշել ինչպես տվյալ ավազանի տեղատարված ամբողջ ծավալը, այնպես էլ առանձին էրոզիոն փուլերում, տարբեր հատվածքներից, ինչպես նաև, որոշ չափով, խոշոր ներժայթուքներից տեղատարված նյութերի քանակությունը։

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. *Бальян С. П.* Структурная геоморфология Армянского нагорья и окаймляющих областей. Изд Ер. гос. ун-та, 1969
2. *Волков И. М.* Принципы и методы картометрии. Изд. АН СССР, М.—Л., 1950
3. *Думитрашко Н. В* Поверхности выравнивания. В кн.: «Геология Армянской ССР», т. 1. Геоморфология. Изд. АН Арм. ССР, Ереван. 1962.
4. *Казакова Н. М., Думитрашко Н. В* Хребет Арегуни. Мургузский хребет. В кн. «Геология Армянской ССР», т. 1. Геоморфология. Изд. АН Арм ССР, Ереван. 1962

5. *Нефедьева Е. А.* Речные долины. В кн.: «Геология Армянской ССР», т. I. Геоморфология. Изд. АН Арм. ССР, Ереван, 1962.
6. *Панов Б. П.* Количественная характеристика речной сети. Тр. Гос. Гидрологического ин-та, вып. 4/58, 1948.
7. *Паффенгольц К. Н.* Стратиграфия четвертичных лав Восточной Армении. Зап. Росс. мин. об-ва, ч. LX, вып. 2, 1931.
8. *Спиридонов А. И.* Основы общей методики полевых геоморфологических исследований и геоморфологического картографирования. «Высшая школа», М., 1970
9. *Философов В. П.* Краткое руководство по морфометрическому методу поисков тектонических структур. Изд. Сарат. ун-та, Саратов, 1960.
10. *Хортон Р.* Эрозионное развитие рек и водосборных басейнов. Изд. ИЛ., 1948.
11. *Щукин И. С.* Общая геоморфология, т. II, Изд. МГУ, 1964.
12. Գևորգյան Ֆ. Ս. *Մորֆոմետրիկական վերլուծության Գետիկի ավազանում նորագույն տեկտոնական շարժումներ և մորֆոստրուկտուրաներ վերհանելու նպատակով: ՀՍՍՀ ԳԱ տեղեկագիր «Գիտություններ Երկրի մասին» № 4, 1969.*