

ГИДРОЛОГИЯ

И. В. ЕГІАЗАРОВ

ВЛИЯНИЕ ШИРОКОЙ СМЕСИ НАНОСОВ И САМООТМОСТКИ
РУСЛА НА ДВИЖЕНИЕ И РАСХОД НАНОСОВ

Сообщение 2

В сообщении 1 [31] была показана необходимость сопоставления с измерениями в натуре методов расчета расхода наносов при неоднородной по крупности их смеси с учетом влияния затенения мелких фракций крупными, с учетом влияния грядобразования и разделения на донные и взвешенные. Было дано новое развитие метода разработанного автором для однородных по крупности наносов и для безгрядового русла, на широкие смеси при грядовом русле. В настоящем сообщении необходимо остановиться на вопросе о выделении нерусловых наносов, порождаемых мелкими фракциями эрозионного размыва всей площади водосбора до замыкающего створа, для которого определяется расход наносов, и на результатах сопоставления расчетов по предлагаемому методу с измерениями в натуре и на методах построения натуральных гранулометрических кривых*.

31. Так как фракции смеси меньшие по размеру, чем предельные русловые не участвуют в русловом обмене наносами, во взвешивании с дна и в оседании, и распределены равномерно по глубине и проносятся транзитом, то их расход не может быть определен, исходя из критерия русловой подвижности (1) и из уравнений (10)–(11). Количество таких нерусловых наносов определяется состоянием поверхности бассейна всего водозабора и его эрозионной способностью. Поэтому исходя из гидрографов рассматриваемого паводка необходимо по имеющимся данным для разных грунтов и покровов оценить эрозию приходящуюся на единицу площади водосбора, разбив всю площадь водосбора на части репрезентативные по грунтам и покровам, с учетом влияния и условий инфильтрации. Только такая гидрологическая или гидролого-географическая оценка объемов эрозионного смыва самых мелких, нерусловых, фракций позволит определить тот суммарный объем наносов, который будет получен сложением их с расходом наносов по уравнениям (10)–(11) дающим сумму донных и взвешенных наносов.

Отмеченная выше гидролого-географическая оценка нерусловой эрозии с выделением из ее состава мелкофракционной нерусловой ча-

* Номерация рисунков, пунктов и формул, а также литературных ссылок здесь преимущественно продолжается от сообщения [31].

сти, может быть осуществлена при условии детального анализа поверхности и водопроницаемости покрова бассейна, на основах изложенных у Лопатина, Лядова, Клоновой и др. или исходя из коэффициентов селеносности Срибного применительно к самым мелким фракциям. В случае рассмотренном в [13] эта часть наносов (нерусловных), в частном случае отложений р. Монеи-крик в оз. Блумингтон составила 12% по весу. Но разумеется относительное участие нерусловых наносов может быть и значительно большее.

III. Сравнение расчетов по изложенному выше методу с данными натурных измерений

32. Для реки Каранкуль Узбекской ССР [9, 10 и 13]. При расходе воды реки > 1 куб. м./сек., уклонах от 0,03 до 0,05 и максимальных фракциях находящихся в движении от 0,2 до 0,5 м получается, что $d_0 > d_{\text{нр}}$. Следовательно отмостка нарушена. Для теоретических расчетов использовано уравнение (10'').

Для десяти замеров в натуре при расходах от 1,1 до 2,75 куб. м./сек. получилось отношение расхода наносов по расчету к расходу измеренному в натуре от 0,6 до 1,08, т. е. занижение в среднем на 15—20%. Для расходов < 1 куб. м./сек. получается $d_0 < d_{\text{нр}}$, отмостка не нарушена и расчеты произведены по ур. (10'). При этих условиях критерий подвижности $\frac{Ruv}{f_{\text{нр}} d_{\text{нр}}} < 1$ и расход наносов по расчету равен нулю, что практически совпадает с измерениями в натуре.

Полученные при обработке натуральных данных величины f_0 хорошо ложатся на кривую $f_0 = \varphi \left(\frac{d_1}{d_{cp}} \right)$ — рис. 1 [31]. На эту же кривую хорошо легли точки Пантелопулоса, в которых определялся не расход наносов, а величина f_0 . Эти точки интересны также и тем, что ложатся на кривую и при $d_1/d_{cp} < 1,0$ и даже $< 0,5$, хотя d_1 лежит в переходной зоне обтекания зерен, т. е. подтверждают положение изложенное в п. 16 статьи [31]. Произведенные автором расчеты для р. Каранкуль по методу Эйнштейна дали расхождение с натурой от 1,04 до 2,2 раза, т. е. несколько больше, чем по методу автора.

33. Для р. Монеи-крик [13, 32]. Натурными измерениями охвачены отложения в озере Блумингтон за 1127 суток с расходами воды от 3,1 до 31 куб. м./сек. При среднем уклоне в 0,0009 и крупности смеси в отложениях русла от 0,03 до 17 мм, фракции меньше 0,05 мм исключены из гранулометрической кривой как нерусловые и составили 12%; фракции $> 9,4$ мм при расходе $Q = 31$ куб. м./сек. неподвижны. Следовательно $d_0 > d_{\text{нр}}$ и отмостка не нарушена. Для расчетов использовано ур. (10'). Замерено в натуре 60.500 т, а по расчету получено 40.900 т, т. е. 67%. При этом в расчете d_{cp} определялось как полусумма d_{cp} — взвешенного всех отложений и d_{cp} — взвешенного фракций находящихся в движении. Если в расчете d_{cp} уменьшить на 6—7%, то вес отложений получается 60.700 т, т. е. совпадает с измеренным в натуре.

ре. Уменьшение d_{cp} на 15%, что равносильно к переходу от арифметической средней к геометрической средней по двум гранулометрическим кривым, дает по расчету 93.100 м, т. е. преувеличение на 54%, а расчет по d_{cp} взвешенному только для фракций находящихся в движении дает 492.000 м, т. е. преувеличение в восемь раз; т. е. влияние затенения не может быть определено только гранулометрической кривой наносов находящихся в движении; другую крайность получим если расчет вести для d_{cp} — взвешенного по гранулометрии всех фракций отложенных в русле: расчет дает 605 м, т. е. уменьшение в 100 раз; следовательно только одна гранулометрическая кривая отложенный в русле приводит к слишком большому затевающему влиянию крупных неподвижных фракций.

Расчет произведенный для р. Монеи-крик по методу Эйнштейна Н. Б. Столем [32] дал 196.500 м, т. е. в 3,25 раза больше замеренного. Автор по методу Эйнштейна получил 197.000 м, но без учета влияния затенения отмытки. Отношение R'/R составило по И. Б. Столу для всего диапазона гидрографа от 0,33 до 0,5.

Для рассмотренных расходов воды р. Монеи-крик отношение d_{50}/d_{cp} при $d_{cp}=0,5$ (d_{cp} подвижное + d_{cp} полное) составило от 0,16 до 0,20, что указывает на большое затенение мелких фракций крупными. Величине $d_{50}/d_{cp}=0,2$ отвечает величина $f_0=0,3$, в пять раз большая, чем $f_0=0,06$ получаемая для однородных по крупности наносов автомобильной зоны.

34. Для 13-ти пригационных каналов США ([28, 29] — измерения Симонса и Бендера). Для расходов воды в диапазоне от 1,2 до 29 куб. м/сек. при малых уклонах от 0,000058 до 0,000330 и максимальных фракциях от 0,5 до 2 мм и при d_{50} от 0,17 до 0,77 м, отмытка не нарушена. Расчеты произведены по ур. (10') с определением R' по рис. 3, т. е. с учетом влияния грядообразования, взвешивания и влияния C_r . Среднее завышение расчета над замерами в натуре для больших расходов получилось около 40%; расхождение составило от 0,4 до 1,7 раза. Расчеты для этих же каналов, проведенные по методу Эйнштейна Калканисом [20] дали расхождение от 0,2 до 1,9 раза. При расчете использованы гранулометрические данные для d_{15} , d_{50} и d_{85} .

35. Для р. Тине-Изола [30, 32]. Исследование произведено в лаборатории Шату на крупной пространственной модели (1:12,5) с некоторыми замерами в натуре. Расходы воды в диапазоне от 15 до 50 куб. м/сек (на модели от 27 до 91 м/сек), при уклоне в 0,011. Очень ценным обстоятельством является наличие гранулометрических кривых для шести расходов воды и для полных отложений в русле. Соответственно d_{cp} на модели составило от 1,8 до 5,4 мм и 20 мм для отложений.

Расчеты показали, что при всех расходах воды $d_0 > d_{max}$ отложений и следовательно отмытка нарушена. Проверка по ур. (14) и рис. 3 показала, что для модели $R'/R=0,45$ и следовательно на мо-

дели гряды должны были образоваться, хотя в [30] таких указаний нет. Расчеты произведены по ур. (10").

Расхождение расчета с замерами для четырех больших расходов воды получалось в пределах от 0,7 до 1,16: но малые расходы дали значительное расхождение.

Исследование на модели р. Тине дало также очень ценные данные по величине f_0 для отдельных фракций; эти точки нанесены на рис. 1 и подтвердили справедливость уравнения (7) и кривой рис. 1, вплоть до величины $d_0/d_{cp} = 0,35$, в соответствии с п. 16 статьи [31] и с тем, что дали ответы Пантелопулоса.

36. Для р. Роны [21]. В измерениях на р. Роне не определялись расходы наносов. Но эти измерения ценны тем, что были определены величины f_0 для отдельных фракций, причем измерения производились как гидравлических параметров потока, так и движений галек меченных танталом—182. Полученные три точки также нанесены на рис. 1 и также подтверждают ур. (7).

37. На рис. 5 нанесены все полученные расчетом точки по сравнению с измеренными в натуре. Степень расхождения иллюстрируется отклонением расчетных точек от прямой под углом 45° . Двухкратные отклонения от измерения в натуре в обе стороны показаны пунктирными прямыми.

На рис. 5 залитыми точками нанесены результаты расчетов по

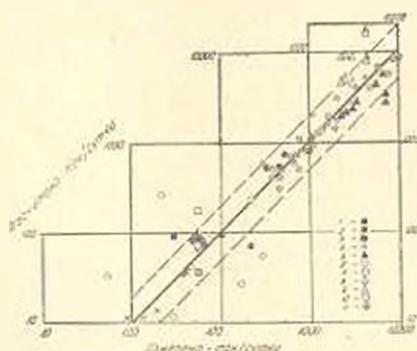


Рис. 5. По методу Егизарова: 1—ирригационные каналы США; 2—р. Моней-крик— d_{cp} по полусумме; 3—то же d_{cp} по средней геометрической; 4—р. Тине—Изола; 5—р. Каранкуль. По методу Эйштейна; 6—ирригационные каналы США; 7—р. Моней-крик; 8—р. Каранкуль. По модифицированному методу Эйштейна; 9—р. Каранкуль; 10—р. Моней-крик; 11—реки Ниобрара, Файв-Милл, Милл-луп, Снэк.

методу автора, не залитыми точками по методу Эйштейна и не залитыми точками с хвостиком сверху и кружки с крестом по модифицированному методу Эйштейна. Рис. 5 показывает, что большинство расчетных точек по предлагаемому методу автора лежит в пределах границ определяемых пунктирными прямыми, т. е. в пределах от 0,5 до 2,0. Расчетные точки по основному методу Эйштейна выходят заметно за эти пределы. Расчетные точки по произвольно модифицированному методу Эйштейна лежат в пределах 0,5 до 2,0.

38. Выше была показана исключительно большая зависимость расчетного расхода наносов от d_{50} , d_{cp} , и от отношения d_0/d_{max} , т. е. от целого семейства гранулометрических кривых натуре.

39. Ловушечные измерения наносов не могут дать доброкачественных результатов по измерению расхода наносов, но могут и

должны послужить для гранулометрического анализа наносов находящихся в движении при данных расходах воды. Этой же цели должны служить меченные краской и люминофорами камни и галька, а также меченные радиоактивными веществами галька и песок (например опыты на р. Роне у Лиона и опыты на р. Темзе).

Необходимо также совершенствовать применяемой во Франции и в США метод гидрофона, т. е. метод основанный на выслушивании шумов перемещаемых потоком наносов донным микрофоном, а также визуальные наблюдения за мечеными наносами методами телевидения.

Все эти методы позволят уточнять гранулометрические кривые наносов находящихся в движении, и в натуре определять d_0 и по уравнению (10") f_0 , как это было сделано выше для р. Роны. Такое уточнение крайне желательно, так как измерения на модели Типе-Изола (см. выше), показали, что действительные гранулометрические кривые дают несколько более мелкий гранулометрический состав, чем кривые построенные по гранулометрической кривой полных отложений в русле, принимая за 100% ту крупность этой кривой, которая отмечает величину d_0 и соответствующему Q .

40. Особое внимание должно быть уделено методу взятия в натуре проб для построения гранулометрической кривой полных отложений наносов в русле и определению предельной крупности этих отложений. Для этих отложений неизбежно построение двух крайних гранулометрических кривых (вилки), и неизбежно проведение расчетов по определению расходов наносов по вилке гранулометрических кривых, и принятие для инженерных расчетов величины расхода наносов в пределах вилки, на основе кригического общего анализа натурных данных.

41. Для случаев, когда исследуется поток в условиях ненарушенной отмостки—пробы наносов необходимо брать по глубине в пределах двухкратной величины максимальной фракции, а при грядобразовании в пределах двухкратной высоты гряд. Для случаев, когда исследуется поток в условиях нарушения отмостки, когда $d_{max} < d_0$, необходимо взятие проб по глубине с учетом возможного размыва, т. е. на большей глубине.

42. Методика и техника взятия проб и построения гранулометрических кривых должна всемерно разрабатываться и совершенствоваться. Решение задачи поставленной в статье минуя гранулометрические данные природы невозможно.

Поступило 20.I 1961.

Ի. Վ. ԵՂՒԱՋԱՐՈՎ

ՋՐԱՐՔՆԵՐՈՒԿՆԵՐԻ ԱՅՆ ԽԱՌՆՈՒՐԻ ԵՎ ՀՈՒՆԻ ԻՆՔՆԱՍԱԼԱՐԿԻՄԱՆ ԱՉԳԵՑՈՒԹՅՈՒՆԸ՝ ՋՐԱՐՔՆԵՐՈՒԿՆԵՐԻ ՇԱՐՔԻՄԱՆ ՈՒ ԿԱՆՈՒՎՈՒՄԸ

(Հաղորդում 2)*

Ա մ փ ո փ ո ռ մ

Հաղորդում 1-ում ցույց էր տրված ոչ միատարր խոշորություն լալն խոտնուրդի ջրարերակների հաշվարկի և բնական չափումների համեմատման անհրաժեշտությունը:

Սալն հաղորդման մեջ նշվում է ջրահալտարի էությունից նեստանցող ջրարերակների ոչ հունալին մասնը Գրակցիտանների ժախսի գնահատման անհրաժեշտությունը:

Երրորդ մասում տրված է հաղորդում 1-ում ստաջարկված մեթոդով կատարված հաշվարկների արդյունքների համեմատությունը ժախսային եղանակով բնականում տարված չափումների հետ:

Կարանկուղ գետի համար [9, 10, 13] հաշվումները տվել են չափված մեծությունների 0,6 միջև 1,08: Այս դեպքում ինքնաստարիվումը խախտված է և հաշվարկի համար օգտագործված է (10¹) հատասարումը:

Մոնեյ-կրիկ գետի համար [13, 31] ջրամբարում ջրարերակների նրսավածքի վերաբերյալ կատարված հաշվարկը տվել է 10500 տոննա, իսկ բնականում չափվածը՝ 60500 տոննա (67⁰/₁₀₀): Ըստ հաշվարկի մ_ս-ի փոփոխությունը 6 - 7⁰/₁₀₀-ով տալիս է 60700 տոննա: Եթե մ_ս որոշվում է ելնելով ջարման մեջ գտնվող ջրարերակներից, ապա նստվածքների քաշը ստացվում է 8 անգամ ավելի. քան բնականում է. կթե որոշվում է միայն ըստ նստվածքի հատվածաչափական կորից ելնելով, ապա նստվածքների քաշը ստացվում է հարյուր անգամ ավելի պակաս. քան չափվածն է: Ստույի [32] կողմից էլնչտանի մեթոդով կատարված հաշվարկը ցույց է տվել նստվածքի քաշը հրեք անգամ ավելի. քան չափվածն է:

Մոնեյ-կրիկ գետի համար սալն հարաբերությունը՝ մ_ս : մ_բ = 0,16 միջև 0,2, որը ցույց է տալիս խոտնուրդում ստիբրարիման ավելի մեծ ազդեցությունը, կամ այլ կերպ՝ ազդեցությունը ինքնաստարիվման վրա:

Ըստ հեղինակի մեթոդով կատարված հաշվարկի ԱՄՆ-ի իրիզուցիոն կանոնների համար [33, 34] ստացվել է չափված մեծությունների 0,4 միջև 1,2, այն դեպքում, երբ Կանանիսի [34] կողմից էլնչտանի մեթոդով կատարված հաշվարկը տալիս է սկսած 0,2 միջև 1,0:

Հաշվարկները Տիեհ-իզուլա գետի [35, 36] համար տվել են չափված մեծությունների 0,7 միջև 1,16: Այս հաշվարկները ցույց են տվել, որ ընդհուպ միջև մ_ս : մ_բ = 0,35, (7) հատասարումը և նկ. 1-ի 1 կորը մնում են տմի մեջ:

Իսնոս գետի համար [36] մ_ս-ի ստացված մեծությունները հուլնպես հաստատում են (7) հատասարումը և նկ. 1-ը:

* Տես [31]. Բանաձևերի, նկարների և գրականության համարակալումը շարունակված է հաղորդում 1-ից:

Բոլոր համեմատությունների արդյունքները բերված են նկ. 5-ում, որտեղ լրված կետերը վերաբերում են հեղինակի կողմից առաջարկված մեթոդին, իսկ չլրված կետերը՝ Էյնշտեյնի մեթոդին:

Ցույց է տրվում շարժման մեջ ջրարերսովների վրա հատիկաչափային կորի էական ազդեցությունը, որը հնարավոր է ստանալ ականտոններից վերցնելով նմուշներ, հիդրոֆոնների նշահարված հատիկների օգնությամբ, ինչպես և նշված է այդ կորերի ստացման մեթոդների կատարիչադրոմման անհրաժեշտությունը:

PROFESSOR I. EGIAZAROFF

LARGE RANGE MIXTURE SEDIMENT MOVMENT AND DISCHARGE, SHADOWING AND SELF-PAVEMENT EFFECTS

Communication 2

In communication No 1, [31] the necessity of calculations results comparison with prototype field measurements was shown, for unihomogeneous as to size large range mixtures of sediments.

In the present communication the importance of the „wash“ load, that is the non-channel fine sediments provided by the erosion of the watershed area is emphasized.

In part III the results of calculation results, by the method proposed in communication No 1, are compared with prototype, field, measurements made by the sedimentation volume method.

For river Karankul [9, 10, 13] calculations have given from 0.6 to 1.08 of the measured values. In this case the self-pavement is destroyed and eq. (10') is used.

For Money-creek [13, 32] the calculation has given for the Blumington reservoir a sedimentation weight of 40900 tons, as compared with 60.500 tons measured (67 percent). A change of the value of d_{av} , of only 6—7 percent gives by calculation 60.700 tons.

If d_{av} is determined only by the gravulometric curve for the moving sediment sizes then the sedimentation weight is 8 times greater than the measured; if d_{av} is determined only by the granulometric curve for the total sediments of the channel then the sedimentation volume is hundred times less than the measured one.

The weight calculated by Stall [32] by the Einstein method was 3 times greater than the measured one.

The relation of $d_{50}/d_{av} = 0.16$ to 0.2 for Money-creek, which shows the great shadowing or self-pavement effect.

For 13 US Irrigation canals ([33, 34] Simons and Bender data) calculations by the authors method have given 0.4 to 1.7 the measured va-

* The numbers of articles formulas figures and bibliographic annotations are continued from communication [31].

ues, as compared with Kalkanis calculations by the Einstein method, which gave from 0,2 to 1,9 of the measured values.

For river Tine-Isola [35, 36] the calculations have given from 0.7 to 1,16 of the measured values. These calculation have shown that up to $d_s/d_{s0} = 0,35$ the value of f_0 is presented by curve of eq. (7) and fig. 1.

For river Rhone [36] the values of f_0 measured by the radioactive tantal—182 tracers are confirming eq. (7) and fig. 1.

All these results are shown on fig. 5 with two dashed lines for 0.5 and 2,0 times values as compared with prototype field measurements. On fig. 5 the filled points correspond to values by the authors method, and the non filled points by the Einstein 1950 method.

At last the importance of the granulometric curve for the sediments in movement, the possibility of obtaining such curves by the trap methods, by the hydrophone method and the radioactive tracers method are emphasized. Also the necessity of perfecting, improving, the methods of field determination of the granulometric curve for the total channel sediments is noted.

Л И Т Е Р А Т У Р А

31. *Егизаров И. В.* Влияние шириной смеси наносов и самоотмостки русла на движение и расход наносов. Сообщение 1. Известия АН Армянской ССР, серия Т. Н., т. XVII, № 2, 1964.
32. *I. B. Stall, L. Kopzi and P. K. Kandaswamy.* Sediment transport in Money-creek. Pr. ASCE Hydr. d. 1958 February.
33. *D. B. Simmons and M. I. Albertson.* Uniform water conveyance channels in alluvial material. Pr. ASCE Hydr. d. 1960, May.
34. Same—Discussion by Kalkanis. Pr. ASCE Hydr. d. 1960.
35. *A. Nizery and G. Bradeau.* Variation in grain size distribution of bed load in a river section. 5-th Congress IAHK Minnesota, 1953.
36. *Ramette et Henzel.* Le Rhone a Lyon, Etude d'entraînement des galets a l'aide des traceurs radioactifs. „Houille Blanche“, 1962, № A.