

Về quan hệ giữa dòng chảy cát bùn và dòng chảy nước

Ngô Trọng Thuận

VIỆN KHÍ TƯỢNG THỦY VĂN

Dòng chảy cát bùn trong sông ngòi phụ thuộc vào rất nhiều nhân tố tự nhiên khác nhau. Có thể chia chúng thành ba loại chính:

1. Nhân tố khí hậu bao gồm hai nhóm: Nhóm thứ nhất tạo ra nền cho quá trình xói mòn bề mặt lưu vực, được đặc trưng bởi tương quan giữa nhiệt và ẩm. Theo đề nghị của M.I. Budyko [1], tương quan này có thể biểu thị qua chỉ số khô hạn (là tỉ số giữa tổng nhiệt trung bình ngày đêm của không khí cao hơn 10° và tổng lượng nước rơi trung bình năm); Nhóm thứ hai gây ra tác động trực tiếp đối với sự phát triển của quá trình xói mòn. Đặc trưng của nó là dòng chảy nước (phân bố của dòng chảy trong năm, độ lớn, cường độ và mức độ điều hòa của lũ...) Thực chất, đây chính là các nhân tố thủy văn.

2. Nhân tố hình thái, địa chất: bao gồm chỉ số biểu thị mức độ chia cắt lãnh thổ (độ cao mực gốc xâm thực, mật độ khe rãnh và sông suối), độ dốc lưu vực và lòng sông, độ cao trung bình của lưu vực, đặc tính và thành phần lớp đá gốc và lớp phủ. Những tính chất này xác định độ ổn định của mặt lưu vực chống lại quá trình phong hóa và bào mòn. Trong những đặc trưng này, quan trọng nhất là mật độ lưới sông, trong một chừng mực xác định, có quan hệ với mức độ ẩm ướt của lãnh thổ. Ở vùng núi, địa hình cũng là nhân tố chủ yếu xác định tính phân đới theo độ cao của các yếu tố thủy văn nói chung. Tuy nhiên, trong thực tế, có thể coi những nhân tố hình thái địa chất là không thay đổi (nói chính xác hơn là thay đổi rất chậm theo thời gian).

3. Nhân tố về các hoạt động trên lãnh thổ. Các hoạt động kinh tế của con người trên bề mặt lưu vực như phá rừng, cây xói đất để sản xuất, xây dựng các hệ thống tưới tiêu, đường giao thông, cầu cống, hồ chứa nước... gây ra những ảnh hưởng rất đáng kể đối với tình hình tự nhiên của dòng chảy cát bùn trong sông. Nói chung sông ngòi ở vùng nhiều hồ ao có lượng dòng chảy cát bùn giảm nhỏ so với vùng được khai khẩn.

Các loại nhân tố trên song song tồn tại và tác động qua lại, trong đó các nhân tố khí hậu biến động nhất, có quan hệ tới tình hình lớp phủ thực vật và lớp phủ thổ nhưỡng, là hai nhân tố cơ bản xác định trạng thái bề mặt của diện hứng nước trước khi xảy ra quá trình xói mòn. Số lượng cát bùn trong giai đoạn lũ lại được xác định bởi dòng chảy nước và cường độ

của nó. Mức độ điều hòa lũ có thể xác định bằng tỉ số của mô đun dòng chảy lớn nhất và lớp dòng chảy lũ.

Chính vì vậy, việc xây dựng những quan hệ để tính toán dòng chảy cát bùn đạt độ chính xác cao là một vấn đề khó khăn. Tuy nhiên, điều đó đã được đặt ra và nghiên cứu từ lâu tại nhiều nước. Vấn đề ở chỗ là cần phải xác định được trong những điều kiện cụ thể, nhân tố nào đóng vai trò chủ đạo.

V.V. Pôliacốp[2] năm 1933 đã giới thiệu quan hệ sau:

$$R_0 = f(W, i_p, \alpha) \quad (1)$$

trong đó R_0 : lưu lượng cát bùn; W : lượng dòng chảy nước; i_p : độ dốc lòng sông; α : thông số địa lý phản ánh đặc tính địa phương của lớp phủ, thổ nhưỡng, thực vật và các nhân tố khác.

Giả thiết quan hệ giữa dòng chảy nước và cát bùn là tuyến tính, trên cơ sở thực nghiệm, năm 1946, B.V. Pôliacốp đã rút ra công thức sau từ dạng (1):

$$S_0 = \alpha \sqrt{i_p} \quad (2)$$

A.P. Buôđưkin trên cơ sở phân tích dòng chảy cát bùn lơ lửng của lưu vực sông Têrếch đã rút ra quan hệ.

$$\Sigma R = a(\Sigma Q)^{2,38} \quad (3)$$

với ΣR và ΣQ là lượng dòng chảy năm của cát bùn và nước, đơn vị 1000 tấn và triệu m^3 ; a là thông số tương tự như hệ số α trong công thức (2), thay đổi từ 6.10^{-6} đến 32.10^{-5} , tức là chênh lệch tới 53 lần trong phạm vi toàn lưu vực.

G.V. Lôpatin năm 1939, đề ra công thức tính độ đục của các sông đồng bằng châu Âu của Liên xô:

$$S_0 = m.i.\beta.k \quad (4)$$

trong đó m : cường độ tập trung nước mặt; i : độ dốc trung bình lưu vực; β : phần diện tích lưu vực có lớp phủ thực vật tự nhiên bị tàn phá mạnh; k : hệ số đặc trưng cho tính chất của đất chống lại sự rửa trôi của nước mặt.

V.P. Xvechichski giới thiệu quan hệ giữa lưu lượng cát bùn R_0 (kg/s) với các nhân tố tự nhiên của lưu vực sông Amudaria dưới dạng:

$$R_0 = a.N^m \quad (5)$$

với a : thông số xói lở; N : tương tự như năng lực của dòng chảy được biểu thị bằng quan hệ:

$$N = \mu.H_0.F \quad (6)$$

trong đó μ : mô đun dòng chảy nước; H_0 : độ cao bình quân (gia quyền) lưu vực so với tuyến nghiên cứu; F : diện tích lưu vực.

Trị số a thay đổi từ 0,02 – 0,60, tức là chênh nhau tới 30 lần và có thể xác định bằng bản đồ.

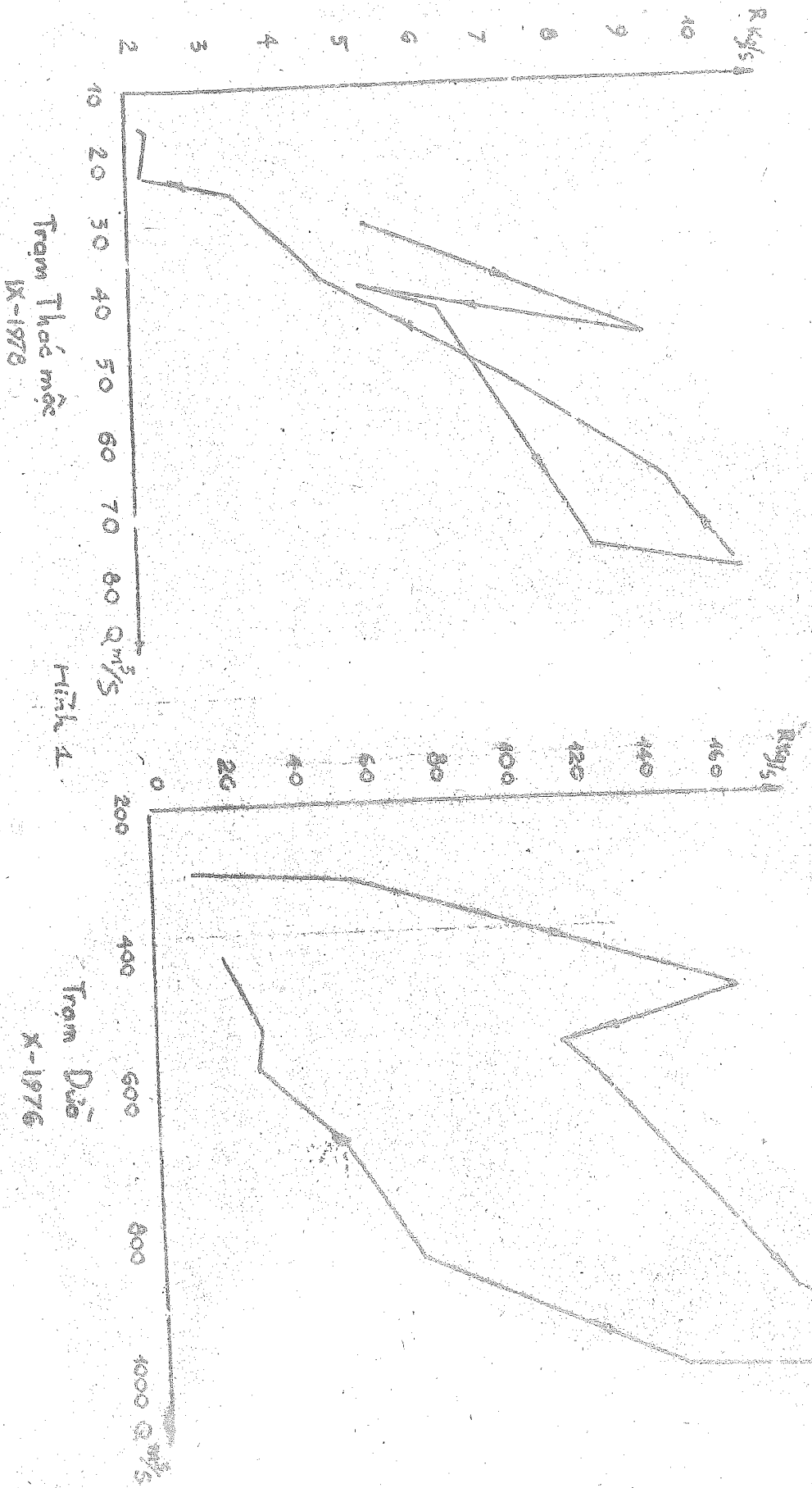
Trong các công thức được trình bày ở trên đều tồn tại một hệ số được gọi là thông số xâm thực, hoặc hệ số đặc trưng cho tính chất rửa trôi thổ nhưỡng và lớp phủ, phạm vi dao động của chúng rất lớn và thường được xác định

bằng phương pháp bản đồ (phân khu hoặc đường đẳng trị). (Cũng chính vì sự phụ thuộc tổng hợp của dòng chảy cát bùn vào hàng loạt nhân tố tự nhiên, nên khó có thể xây dựng được quan hệ chặt chẽ giữa lượng dòng chảy cát bùn với một nhân tố xác định nào đó.

Tuy nhiên, theo một số tác giả, quan hệ giữa lưu lượng nước và cát bùn bình quân năm là tuyến tính cho đa số sông lớn và là phi tuyến trên sông nhỏ, đặc biệt ở vùng núi. Giải thích về sự khác nhau này, có lẽ là do sự khác nhau về độ dốc lòng sông, độ dốc lưu vực giữa các sông con và sông lớn. Trên các sông nhỏ, do sự tăng lên của độ dốc mà tốc độ dòng chảy nước và số lượng vật liệu do nó mang đi cũng tăng lên, khả năng xói lở và khả năng vận chuyển của dòng chảy được tăng lên theo hàm mũ, do đó quan hệ giữa lượng nước và cát bùn trở nên phi tuyến. Nói chung quan hệ này có dạng:

$$R = A \cdot Q^m \quad (7)$$

Quan hệ R - Q



Macavép và Xunxa [3] nghiên cứu các sông Trung A rút ra $A = 178.10^{-10} - 1.7.10^{-2}$ và $m = 1.16 - 12$ Búđưkin xác định cho các con sông ở Cócado $A = 843.10^{-10} - 1.3$ và $m = 1.3 - 5$ và 6. Theo Macavép, đối với các sông miền núi, m thường thay đổi từ 1.5 - 2, đôi khi là 3 hoặc hơn nữa. Ivanóp nghiên cứu tài liệu các sông trên lưu vực Xuradavia cũng đi đến dạng trên với $m = 1.53$ và $A = 212.10^{-5} - 0.542$ (hệ số A thay đổi rất lớn, 256 lần).

Tài liệu thực tế của sông ngòi Việt nam cho thấy rằng quan hệ giữa Q và R phụ thuộc rõ rệt vào mức độ bình quân hóa theo thời gian. Nói chung khoảng thời gian bình quân càng dài càng có thể hy vọng nhận được quan hệ chặt chẽ hơn.

Ở từng trận lũ, nếu nối các điểm quan hệ Q và R theo trình tự thời gian sẽ được các vòng dây có độ rộng hẹp khác nhau (hình 1), khi thuận chiều kim đồng hồ, khi ngược chiều kim đồng hồ, thậm chí có trường hợp là một đường dịch dắc. Trị số R_{max} và Q_{max} của mỗi con lũ xuất hiện không đồng thời. Khi đường vòng dây theo ngược chiều kim đồng hồ, Q_{max} xuất hiện trước R_{max} và ngược lại, khi đường vòng dây thuận chiều kim đồng hồ, Q_{max} xuất hiện sau R_{max} .

Ở những lưu vực nhỏ, do thời gian tập trung dòng chảy ngắn, lũ lên xuống nhanh, thường chỉ kéo dài vài giờ hoặc một ngày. Trong khi đó việc đo đạc cát bùn thường chỉ được tiến hành một lần/ngày. Vì thế tài liệu thực tế cho thấy trị số R_{max} và Q_{max} xuất hiện cùng ngày.

Những lưu vực lớn, bao gồm các lưu vực nhỏ rất khác nhau về mức độ và khả năng xâm thực, mưa thường phân bố không đều trong mỗi trận, hình thành các tâm mưa luôn luôn di động trong suốt quá trình mưa, thời gian tập trung dòng chảy lớn, lũ kéo dài từ 5 - 10 ngày, có khi đến hàng nửa tháng. Trong quá trình chuyển động từ thượng lưu xuôi theo dòng chảy, lượng cát bùn lại thay đổi do chịu ảnh hưởng của gia nhập khu giữa và của các sông nhánh chảy qua các vùng có những điều kiện tự nhiên hoàn toàn khác nhau, cộng thêm là tác động của quá trình diễn biến lòng sông. Vì thế hiếm thấy trị số Q_{max} và R_{max} trên sông lớn xuất hiện đồng thời.

Nói chung, trong từng trận lũ, dạng và chiều biến thiên của quan hệ $Q - R$ ở các trạm trên cùng một triển sông nói chung là tương tự nhau. Chỉ trong trường hợp mà do ảnh hưởng mạnh mẽ của các nhân tố cục bộ như tình hình xói lở hoặc bồi lắng dọc sông, sự gia nhập của các sông nhánh và đặc biệt là tình hình xuất hiện của trung tâm mưa tại trung lưu và hạ lưu làm cho dạng và chiều biến thiên của quan hệ $Q - R$ ở các trạm trên cùng một triển sông trở nên hoàn toàn khác nhau.

Tính chất vòng dây trong quan hệ $Q - R$ của mỗi trận lũ phản ánh mối tương quan đa trị giữa Q và R trong thời đoạn ngắn. Điều đó có nghĩa là trong từng con lũ, cùng một giá trị lưu lượng nước nhưng trong pha nước lên và nước rút sẽ có những giá trị lưu lượng cát bùn khác nhau.

Tình hình tương tự xảy ra khi xét đến sự xuất hiện của lưu lượng nước lớn nhất năm ($Q_{max} - \text{năm}$) và lưu lượng cát bùn lớn nhất năm ($R_{max} - \text{năm}$). Hiếm thấy trường hợp mà R_{max} năm Q_{max} năm xuất hiện đồng thời trong cùng tháng, và cùng trong ngọn lũ lớn nhất năm, chúng xuất hiện lệch nhau từ vài ngày đến một tháng, thậm chí đến hai hoặc ba tháng (xem bảng 1).

Giữa Q và R bình quân tháng đã có mối quan hệ rõ ràng và chặt chẽ. Nhìn chung, quan hệ Q—R bình quân của các tháng mùa lũ (VII, VIII, IX. tốt hơn các tháng mùa cạn (I, II, III). Vì thế, hệ số tương quan giữa Q—R bình quân của các tháng mùa lũ khá cao, hầu hết đạt từ 0,7—0,9, trong khi đó ở các tháng mùa cạn thường dưới 0,6. Nguyên nhân chính của hiện tượng này là vì trong mùa lũ, lượng cát bùn trong sông lớn được tạo thành chủ yếu do mưa bào mòn mặt lưu vực. Sự thay đổi của mưa và dòng chảy là nguyên nhân trực tiếp dẫn đến sự thay đổi của cát bùn trong sông. Ngược lại, vào các tháng mùa cạn, hầu như không có mưa, mực nước trong sông thấp, lưu lượng nhỏ. Nguồn cung cấp cát bùn chủ yếu là từ lòng sông do sự đào xói của dòng nước, vì thế lượng cát bùn trong thời kỳ này nhỏ. Mặt khác, ở nhiều sông con, do độ đục quá nhỏ nên việc đo đạc và xác định chúng kém chính xác, dẫn đến sự phân tán trong quan hệ với lưu lượng nước.

Bảng 1. So sánh thời gian xuất hiện Rmax—năm và Qmax—năm ở một số trạm.

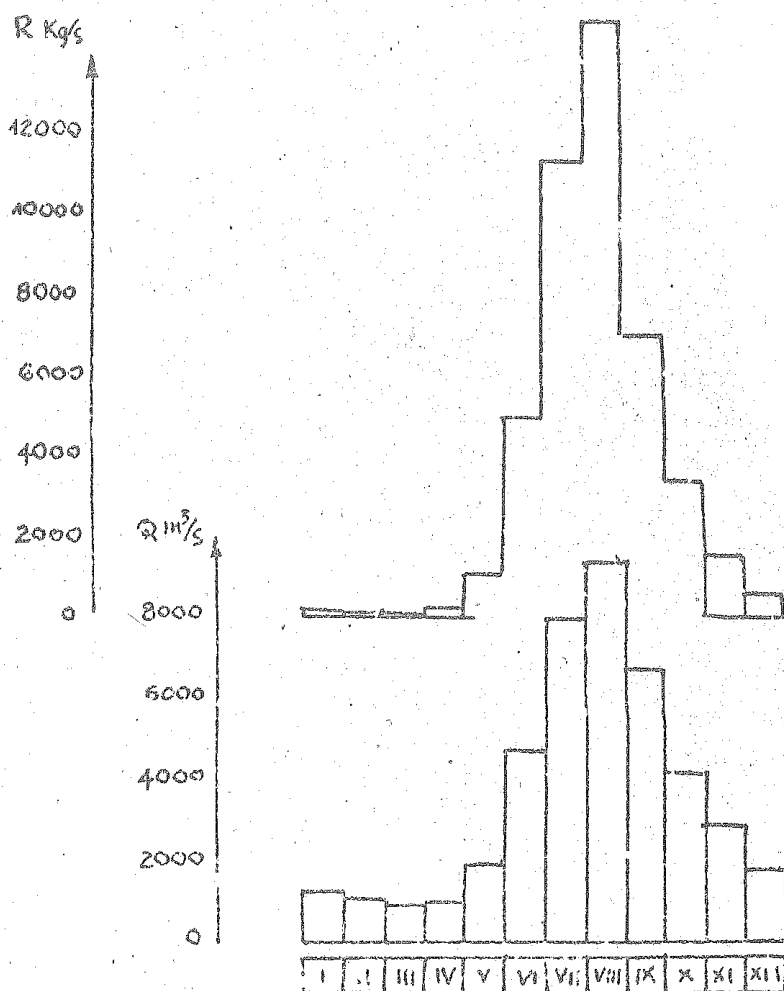
Trạm	Năm	Ngày xuất hiện	
		Rmax	Qmax
Thiêng liêng	1969	11—VII	16—VI
Nậm mức	1970	15—VII	15—VII
Hòa bình	1963	14—VII	14—VIII
Quảng cư	1984	11—V	3—VIII
Phù ninh	1965	13—VII	4—XI
Ba bề	1969	31—VII	17—VIII
Vinh yên	1970	27—VI	11—IX
Tà thàng	1969	31—VII	18—V
Yên bái	1964	27—VI	3—X
Lạng sơn	1963	31—VII	25—VII
Băng cả	1970	20—VIII	29—VI
Mường hình	1962	18—VIII	20—VI
Nghĩa dân	1960	27—VI	15—X
Dừa	1967	29—VIII	9—IX
Sơn diêm	1965	15—X	3—IX
Thành mĩ	1978	20—IX	4—XI
Cũng Sơn	1979	15—X	15—X
Bản đôn	1980	24—IX	2—XI

Thực tế tính toán cho thấy tại những trạm mà độ đục bình quân tháng trong thời gian mùa cạn dưới 50g/m³, hệ số tương quan giữa Q và R bình quân tháng của các tháng mùa cạn thường nằm trong khoảng từ 0,3—0,5. Ở đây một lần nữa chúng tỏ rằng mặc dầu chịu chi phối bởi rất nhiều nhân tố, nhưng trong đó dòng chảy trong mùa lũ—mà nguồn gốc của nó là do nước mưa cung cấp—đóng vai trò ưu thế, quyết định độ lớn của lượng cát bùn trong sông. Trị số Qmax và Rmax bình quân tháng thường cùng xuất hiện trong tháng VII (hoặc VI) ở Bắc bộ và tháng IX (hoặc X) ở Trung bộ. Trị số Qmin và Rmin bình quân tháng cũng thường xuất hiện đồng thời vào tháng III hoặc IV (hình 2).

PHÂN PHỐI NĂM CỦA R

Trạm Sơn Tây

Hình 2



Điều này cũng đúng khi so sánh tương quan giữa lưu lượng nước và cát bùn bình quân năm. Hệ số tương quan giữa chúng khá cao, nằm trong khoảng 0,75–0,95 (bảng 2) và nói chung có thể xác định được đường quan hệ đơn nhất xác định được đường quan hệ đơn giản nhất.

Bảng 2: Hệ số tương quan(γ) giữa Q—R bình quân năm của một số trạm.

Trạm	Hệ số tương quan	Trạm	Hệ số tương quan
Tạ bứ	0,79	Nâm mức	0,79
Hòa bình	0,71	Thác vai	0,83
Yên bái	0,76	Thanh sơn	0,94
Hàm yên	0,69	Thác bưởi	0,89
Chiêm hóa	0,87	Lạng sơn	0,93
Sơn tây	0,87	Hữu lũng	0,93
Hà nội	0,75	Nghĩa đàn	0,84
Dừa	0,91	Đồng tâm	0,83
Mường hình	0,93	Hòa duyệt	0,86

Phù hợp với nhận xét của một số tác giả nước ngoài, quan hệ $Q - R$ bình quân năm của các trạm trên sông lớn (với diện tích lưu vực hàng chục ngàn kilômet vuông) là tuyến tính, trong khi đó ở hầu hết các trạm trên sông con là dạng đường cong và có độ dốc tăng dần từ cấp lưu lượng nước nhỏ đến lưu lượng nước lớn. Như thế có nghĩa là khi lưu lượng nước càng lớn tốc độ tăng của lưu lượng cát-bùn càng nhanh. Dưới đây giới thiệu quan hệ ở một số trạm (bảng 3).

Bảng 3: Công thức biểu thị quan hệ $Q - R$ bình quân năm ở một số trạm.

Trạm	Công thức	Trạm	Công thức
Sơn tây	$R = 2,30.Q - 4780$	Nậm mức	$R = 1,26.10^{-9}.Q^{5,7}$
Yên bái	$R = 3,10.Q - 1390$	Lạng Sơn	$R = 2,57.10^{-2}.Q^{10,2}$
Hòa bình	$R = 2,60.Q - 2430$	Hòa duyệt	$R = 0,22.Q - 11,5$
Hàm yên	$R = 0,70.Q - 149$	Đồng tâm	$R = 0,17.Q - 5$
Dừa	$R = 2,70.10^{-4}.Q^{2,32}$	Nghĩa đàn	$R = 3,70.10^{-4}.Q^{2,32}$

Mặc dù vậy, vẫn phải thấy rằng về cơ bản lưu lượng nước và cát-bùn bình quân năm không cùng tần xuất. Tần suất xuất hiện của chúng thường chênh lệch từ 20—30%. Cá biệt có thể lên tới 50%.

Một đặc điểm nổi bật trong quan hệ giữa $Q - R$ bình quân tháng cũng như bình quân năm là sự xuất hiện của những điểm đột xuất ở hầu như toàn bộ các trạm do sự tăng lên đột ngột của lưu lượng cát-bùn trong khi lưu lượng nước không có sự thay đổi quá lớn. Sự tồn tại của hiện tượng này thực tế đã làm tăng đáng kể trị số trung bình tháng hoặc trung bình năm—trên 10%—của lưu lượng cát-bùn trong khi trị số lưu lượng nước chỉ tăng không quá 5%, và do đó giảm hệ số tương quan giữa chúng, đồng thời làm tăng hệ số phân tán C_v , có trường hợp tới 30—40%. Bảng 4 so sánh trị số đặc trưng bình quân nhiều năm, hệ số tương quan và hệ số phân tán C_v của lưu lượng nước và cát-bùn của một số trạm trong trường hợp tính đầy đủ cả điểm đột xuất và loại bỏ điểm đột xuất.

Bảng 4: So sánh một số đặc trưng khi bỏ điểm đột xuất.

Trạm		Q m ³ /s	R kg/s		$C_v R$	$C_v Q$
Yên bái	Đủ	791	1335	0,76	0,43	0,22
	Bỏ đột xuất	754	1200	0,89	0,37	0,16
	Sai số %	4,7	9,8	17,1	14,0	27,3
Hàm yên	Đủ	379	138	0,19	0,53	0,17
	Bỏ đột xuất	366	119	0,74	0,31	0,14
	Sai số %	3,4	13,8	7,2	41,5	17,6
Đồng tâm	Đủ	62,1	6,12	0,83	0,60	0,28
	Bỏ đột xuất	59,7	5,23	0,86	0,49	0,24
	Sai số %	3,9	14,5	3,6	20,0	14,3

Vì thế trong khi tính toán lưu lượng cũng như sự phân phối và dao động của dòng chảy cát-bùn trong những yêu cầu cụ thể cần phân tích và

có những xử lý riêng biệt đối với những trị số này, bởi vì chính sự có mặt của chúng đã làm thay đổi đáng kể của lượng cát bùn trong khu vực tàn xuất nhỏ (thời gian lặp lại lớn).

Và cuối cùng, tính độc lập của lưu lượng cát bùn năm cho thấy khó có khả năng xuất hiện nhóm năm liên tục có lượng cát bùn lớn hoặc nhỏ.

TÀI LIỆU THAM KHẢO CHÍNH

1. Karausep. A. V. Dòng chảy cát bùn—Viện nghiên cứu và sự phân bố địa lý của nó. NXB—KTTV. Leningrat, 1977 (tiếng Nga).

2. Ivanốp I. N. : Dòng chảy cát bùn lơ lửng lưu vực sông Xwadaria. NXB—KTTV Leningrát, 1767 (tiếng Nga).

3. Sun V. L.; Sông ngòi Trung Á. NXB—KTTV Leningrat, 1965 (tiếng Nga).

4. Cục thủy văn: Dòng châu cát bùn lơ lửng sông Hồng, 1971.