

XÓI MÒN BỀ MẶT VÀ VẬN CHUYỂN BÙN CÁT TRONG LƯU VỰC SÔNG LÔ

Lê Thanh Hùng

Trường Đại học Thủy Lợi

Tóm tắt: Bài báo này đề cập vấn đề xói mòn bề mặt và vận chuyển bùn cát trong lưu vực sông Lô, từ đó làm cơ sở dự báo ảnh hưởng của sự thay đổi thảm phủ và xây dựng hồ chứa đến xói mòn bề mặt và vận chuyển bùn cát lưu vực. Phương trình mất đất phổ dụng hiệu chỉnh (RUSLE), mô hình tập trung dòng chảy, thay đổi sử dụng đất, ảnh hưởng của hồ chứa đã được sử dụng để tính toán trong mô hình xói mòn và vận chuyển bùn cát trong điều kiện tự nhiên và điều kiện thay đổi thảm phủ. Thay đổi tình hình sử dụng đất, khoảng 20% diện tích rừng chuyển đổi thành đất nông nghiệp và 15% biến thành đồng cỏ và đôi trục, lượng bùn cát vận chuyển trong sông tăng 28%. Hồ chứa Thác Bà và hồ chứa Tuyên Quang sau khi đưa vào khai thác đã làm thay đổi hàm lượng bùn cát dòng chảy từ 1971 và 2005. Phân tích các số liệu quan trắc về hàm lượng bùn cát, giảm khoảng 95% lượng bùn cát vận chuyển trong sông Cháy do tác động của hồ Thác Bà và giảm khoảng 71% trong sông Gâm do tác động của hồ Tuyên Quang.

Từ Khóa: Hồ chứa, lưu vực sông Lô, RUSLE, vận chuyển bùn cát, xói mòn bề mặt

Summary: This article approaches the problem of surface erosion and sediment load in the Lo river basin, in order to predict the possible impact of reservoirs and land use changes on surface erosion and sediment load in the river basin. The Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE), a river network routing scheme, land use change and effects of reservoirs were accounted in modeling erosion and sediment yield passing from natural impounded and land use change conditions. Land use changes scenarios, parameterized on the basis of observed land use changes in the impounded basin, assuming that 20% of forest area is converted into rice and agricultural crops and 15% into bushes, shrubs and meadows show that a 28% increase of sediment load can be expected. The Thac Ba reservoir and the Tuyen Quang reservoir already changed sediment concentration since 1971 and 2005 when they were, respectively, in operations. By analyzing the sediment concentration data, the sediment load reduction of about 95% is shown for the dam in the Chay river (Thac Ba reservoir) and 71% is for the dam in the Gam river (Tuyen Quang reservoir).

Keywords: Reservoirs, Lo river basin, RUSLE, sediment load, surface erosion

1. MỞ ĐẦU

Khu vực nghiên cứu là lưu vực sông Lô có diện tích 38165 km² (tại Việt Trì), nơi có tình trạng phát rừng làm nương rẫy mạnh mẽ cùng với tập tục canh tác làm thay đổi thảm phủ thực vật trên bề mặt lưu vực. Bên cạnh đó trên

lưu vực có hai hồ chứa lớn là Thác Bà (dung tích 2,49·10⁹ m³) và Tuyên Quang (dung tích 2,245·10⁹ m³) được đưa vào khai thác lần lượt từ năm 1971 và năm 2005 đã làm thay đổi cơ bản hàm lượng bùn cát tự nhiên trong sông. Các thay đổi đó tác động không nhỏ đến sự xói mòn bề mặt lưu vực và vận chuyển bùn cát trong sông.

Bài báo này đề cập đến vấn đề xói mòn bề mặt lưu vực theo thời gian và vận chuyển

Ngày nhận bài: 02/6/2017

Ngày thông qua phản biện: 12/7/2017

Ngày duyệt đăng: 26/7/2017

bùn cát trong lưu vực sông từ đó dự đoán ảnh hưởng của sự thay đổi thảm phủ thực vật, xây dựng hồ chứa và các yếu tố khác bao gồm cả các yếu tố tự nhiên và tác động của con người gây ra đối với lượng xói mòn và vận chuyển bùn cát trong lưu vực sông Lô.

2. LƯU VỰC NGHIÊN CỨU

Vùng nghiên cứu là lưu vực sông Lô, một trong ba nhánh chính của sông Hồng. Sông Lô được hợp thành với sông Gâm và sông Chảy; có độ dốc trung bình lưu vực là 19,7%; có diện tích lưu vực là 38165 km² (tính đến Việt Trì) trong đó 22629 km² trên lãnh thổ Việt Nam; chiều dài dòng chính là 470 km (275 km ở Việt Nam); độ cao trung bình lưu vực là 884 m, phần cao trên 250 m chiếm hơn 80% tổng diện tích lưu vực (hình 1).



Hình 1: Bản đồ lưu vực sông Lô (Trung Quốc và Việt Nam)

3. LƯỢNG MƯA, DÒNG CHẢY VÀ BÙN CÁT

3.1. Chế độ mưa

Lượng mưa trung bình năm tỉnh Tuyên Quang

dao động trong khoảng 1500÷1800 mm, đặc biệt ở trạm Bắc Quang lên tới 4814,8 mm. Trung bình hàng năm số ngày mưa là 150

ngày. Mùa mưa trùng với mùa hè với tổng lượng mưa cả mùa khoảng 1310÷2131 mm (tại các trạm khác nhau), chiếm 85,3÷94,1% tổng lượng mưa hàng năm. Mùa khô trùng với mùa đông, có tổng lượng mưa cả mùa là 134÷225 mm, chỉ chiếm 5,9÷24,7% tổng lượng mưa

hàng năm. Các tháng có lượng mưa lớn là tháng 7, tháng 8 và tháng 9 với khoảng 250÷320 mm/tháng, và đặc biệt lên đến 950 mm/tháng (tháng 9 năm 2000 tại TP. Tuyên Quang). Chi tiết lượng mưa trung bình tháng tại các trạm đo trên lưu vực ghi ở bảng 1.

Bảng 1: Lượng mưa trung bình tháng, năm tại các trạm trên lưu vực sông Lô

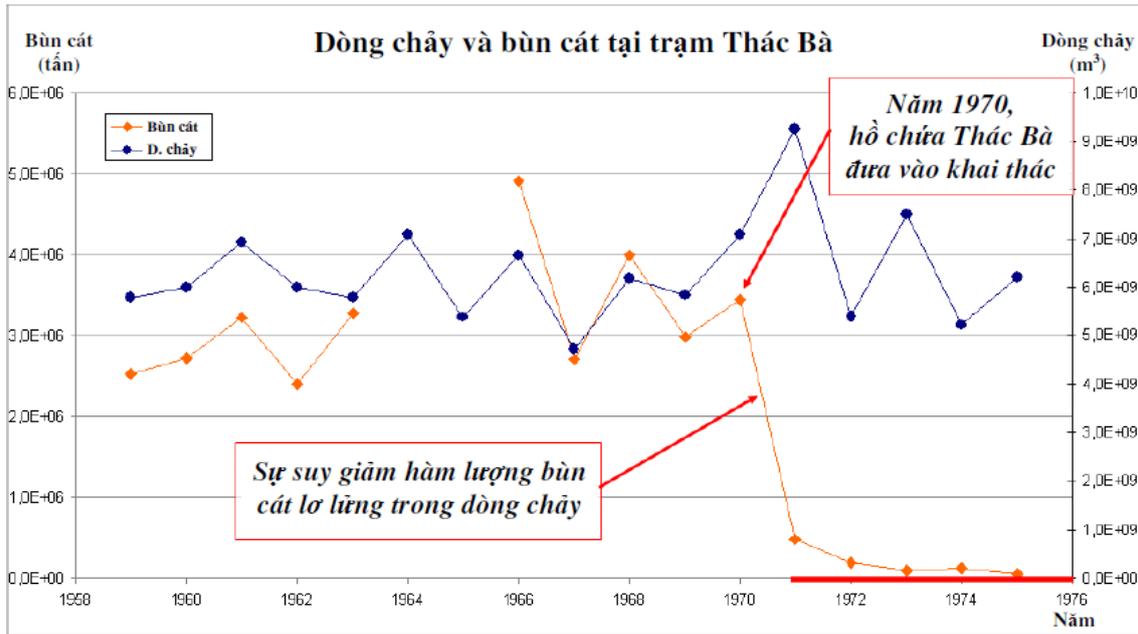
Đơn vị: mm

Tháng	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Năm
<i>Đạo Đức</i>	39,0	43,7	67,6	108,6	305,0	450,8	545,8	415,2	234,5	165,9	83,8	34,5	2494,4
<i>Bảo Lạc</i>	22,2	25,9	44,9	76,1	165,1	212,7	241,6	217,3	98,2	76,3	41,5	21,5	1243,4
<i>Lục Yên</i>	32,5	41,9	71,7	136,4	209,0	283,5	328,0	396,6	255,1	144,4	59,7	27,6	1986,3
<i>Phổ Bằng</i>	20,2	19,9	38,0	94,7	181,0	313,1	367,1	323,6	180,7	123,4	66,6	26,5	1754,7
<i>M. Khương</i>	41,7	46,1	50,2	115,6	204,5	327,2	405,2	363,0	207,5	159,5	81,5	35,4	2037,4
<i>H. Su Phi</i>	17,8	21,6	44,7	88,4	196,0	294,2	338,5	319,9	165,2	105,0	52,4	21,1	1664,6
<i>Bắc Mê</i>	26,0	27,6	51,1	90,1	244,3	287,7	329,2	267,0	132,6	91,6	46,6	21,6	1615,4
<i>Bắc Hà</i>	24,1	31,8	57,1	124,8	194,9	237,5	276,2	332,2	211,1	124,8	64,1	22,3	1700,8
<i>Bắc Quang</i>	72,0	73,5	90,3	246,3	761,9	983,7	919,4	625,1	406,5	391,6	166,1	78,3	4814,8
<i>Chợ Rã</i>	19,0	22,4	45,0	92,8	176,0	238,7	254,0	239,7	125,1	86,2	40,8	19,2	1358,9
<i>Na Hang</i>	21,2	29,5	56,7	107,5	251,9	322,4	336,0	278,4	135,3	90,2	43,4	22,7	1695,2
<i>Phổ Ràng</i>	27,4	34,8	59,6	135,3	183,6	213,8	251,1	333,0	203,8	112,9	44,8	17,4	1617,2
<i>Chợ Đồn</i>	17,4	27,2	46,5	112,6	203,5	320,9	345,8	340,9	162,8	119,3	44,8	20,6	1762,4
<i>Chiêm Hóa</i>	26,0	32,8	52,9	122,9	234,4	280,4	283,9	295,3	166,9	106,9	45,3	22,0	1669,7
<i>Hàm Yên</i>	27,3	39,5	56,2	126,4	232,1	281,6	321,6	318,3	184,7	120,8	44,7	22,2	1775,4
<i>Tuyên Quang</i>	23,1	29,5	52,4	112,8	222,6	270,8	289,6	298,4	172,6	124,3	45,6	17,3	1659,0
<i>Thác Bà</i>	21,9	30,2	54,6	112,7	212,4	255,1	331,8	332,2	198,4	126,7	50,8	20,5	1747,3
<i>Vũ Quang</i>	31,9	38,8	57,8	111,3	209,9	243,7	281,4	275,1	195,1	136,7	48,0	24,0	1653,6
<i>Phú Hộ</i>	33,7	37,1	55,0	112,1	215,2	247,9	279,3	286,7	202,5	151,3	60,4	24,0	1705,3
<i>Việt Trì</i>	26,4	30,9	46,2	102,3	187,2	260,6	269,4	272,2	183,0	142,0	51,8	20,2	1592,3

3.2. Dòng chảy và bùn cát

Các số liệu dòng chảy và hàm lượng bùn cát lơ lửng trong sông được quan trắc, đo đạc tại 8 trạm thủy văn khác nhau bố trí trong lưu vực sông Lô gồm: trạm Bảo Yên, trạm Thác Bà, trạm Hà Giang, trạm Hàm Yên, trạm Bảo Lạc, trạm Chiêm Hóa, trạm Tuyên Quang và trạm Vũ Quang.

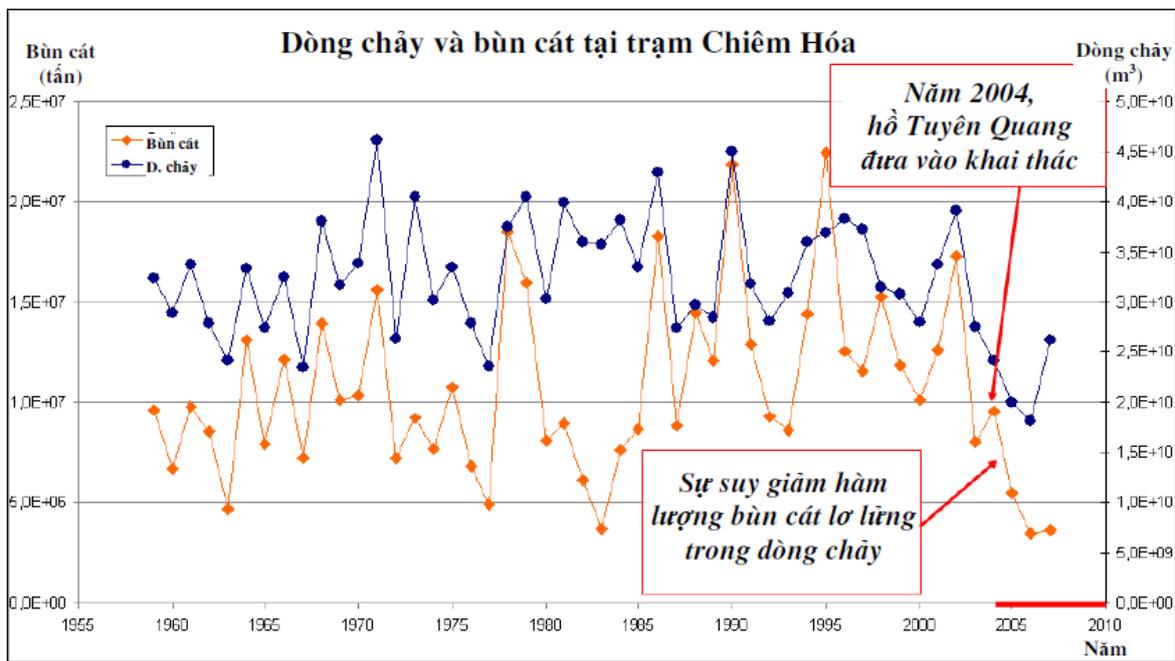
Từ hình 2 cho thấy, sau khi hồ chứa Thác Bà đi vào vận hành (năm 1971) hàm lượng bùn cát lơ lửng trong dòng chảy đo được tại hạ lưu giảm đột biến. Hàm lượng bùn cát lơ lửng trung bình trong giai đoạn 1971-1975 giảm xuống còn 0,026 kg/m³ so với mức trung bình 0,529 kg/m³ trong giai đoạn 1959-1970 (trước khi xây dựng hồ chứa), tỷ lệ lắng đọng bùn cát trong lòng hồ Thác Bà đạt 95%.



Hình 2: Ảnh hưởng của hồ chứa Thác Bà đến lượng bùn cát lơ lửng

Ở trạm Chiêm Hóa (hạ lưu hồ Tuyên Quang), hàm lượng bùn cát lơ lửng trung bình đo được trong giai đoạn 2005-2007 là 0,184 kg/m³ và

giai đoạn 1965-2004 (trước khi xây dựng hồ chứa) là 0,436 kg/m³, hiệu quả lắng đọng là 71% được thể hiện ở hình 3.



Hình 3: Ảnh hưởng của hồ chứa Tuyên Quang đến lượng bùn cát lơ lửng

Những số liệu này phù hợp với những số liệu của Lê Thị Phương Quỳnh và nnc [1].

4. MÔ HÌNH RUSLE VÀ MÔ HÌNH TẬP TRUNG DÒNG CHẢY

4.1. Mô hình RUSLE

Phương trình mất đất phổ dụng (USLE), Wischmeier và Smith [2], và phiên bản hiệu chỉnh (RUSLE), Renard và nnc [3], được ứng dụng để tính toán lượng xói mòn bề mặt trung bình hàng năm, mô hình RUSLE được lập trình bằng ngôn ngữ FORTRAN, Lê Thanh Hùng [4]. Phương trình USLE/RUSLE thường được biểu diễn theo công thức:

$$A = R \cdot K \cdot LS \cdot C \cdot P$$

trong đó:

- A là tổn thất đất trung bình trên một hecta trong một năm (tấn/ha.năm)

- R là hệ số khả năng xói mòn do mưa (MJ/ha)·(mm/h)

ở đây, tác giả sử dụng phương trình của Loureiro và Coutinho [5]:

$$R = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \sum_{m=1}^{12} (7.05 \cdot \text{rain}_{10} - 88.92 \cdot \text{days}_{10})_{m,i}$$

trong đó: N là số năm quan trắc; rain_{10} là lượng mưa hàng năm ≥ 10 mm; day_{10} là số ngày có lượng mưa hàng năm ≥ 10 mm. Sử dụng phương trình trên, tính toán giá trị hệ số R trung bình hàng tháng của lưu vực sông Lô.

- K là hệ số xói mòn đất trung bình (tấn/MJ)·(h/mm). Ở đây, chọn $K = 0,022$ dựa trên các nghiên cứu của Vezina và nnc [6]; Phạm Hùng [7]. Giá trị K như trên cũng phù hợp với nghiên cứu của Zhang và nnc [8].

- LS là chiều dài và độ dốc của sườn dốc. Trong nghiên cứu này, sử dụng công thức của Moore và Burch [9] để tính toán hệ số LS như sau:

$$LS = \left(\frac{A_s}{22,1} \right)^{m'} \cdot \left(\frac{\sin \beta}{0,0896} \right)^{n'}$$

trong đó: A_s diện tích ô thửa canh tác trên một đơn vị chiều rộng sườn dốc, với vùng núi phía bắc Việt Nam, chọn đơn vị chiều rộng sườn dốc là 22,1; m' , n' là các hệ số tương ứng chọn là 0,6 và 1,3; β là góc nghiêng sườn dốc so với phương ngang

- C là hệ số sử dụng đất, $C \leq 1$, với đồi hoang hóa $C = 1$. Hệ số C của lưu vực sông Lô đối với từng loại cây trồng được thể hiện trong bảng 2, theo Vezina và nnc [6], và trong bảng 3, theo Phạm Hùng [7].

Bảng 2: Hệ số C, theo Vezina và nnc [6]

Loại canh tác	Hệ số C
Lúa (2 vụ)	0,55
Lúa (1 vụ)	0,40
Lúa (1 vụ) với ngô	0,55
Sắn	0,22
Ngô	0,12
Đậu nành	0,28

Bảng 3: Hệ số C, theo Phạm Hùng [7]

Loại canh tác	Hệ số C
Lúa và hoa màu	0,60
Cây bụi, đồi cỏ	0,18
Rừng tự nhiên	0,003
Đất hoang, đồi hoang	1,00

- P là hệ số giải pháp bảo vệ đất, $P \leq 1$, khi không có giải pháp bảo vệ đất $P = 1$. Với hình thức canh tác phổ biến trong lưu vực sông Lô là ruộng bậc thang, dựa theo nghiên cứu của Vezina và nnc [6] và Phạm Hùng [7], trong nghiên cứu này, lựa chọn hệ số $P = 0,2$.

4.2. Mô hình tập trung dòng chảy (DIMOSHONG)

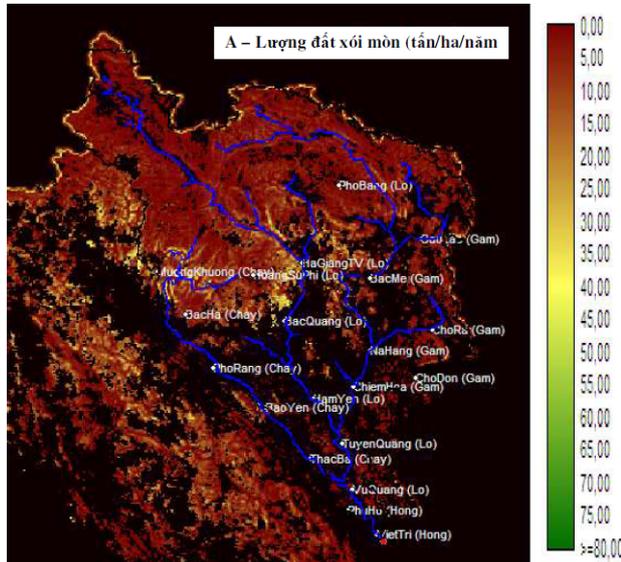
Dòng chảy của bùn cát xói mòn do mưa trên các sườn dốc của lưu vực được chuyển qua mô hình tập trung dòng chảy mạng lưới sông. Mô hình cũng được lập trình bằng ngôn ngữ FORTRAN, Lê Thanh Hùng [4], dựa trên thuật toán độ dốc 8 hướng, Ranzi và nnc [10] để tính toán lượng dòng chảy bùn cát ở trong mạng lưới sông Lô.

5. KẾT QUẢ ĐẠT ĐƯỢC

5.1. Về xói mòn đất bề mặt

Mô hình RUSLE đã được áp dụng tính toán cho lưu vực sông Lô bằng cách sử dụng số liệu

mưa được thu thập từ 20 trạm khí tượng đo mưa nằm trong lưu vực và các thông số của phương trình RUSLE được liệt kê ở trên. Kết quả ở hình 4 thể hiện lượng mất đất trung bình năm do xói mòn bề mặt trong lưu vực sông Lô.



Hình 4: Mất đất trung bình (tấn/ha/năm) ở lưu vực sông Lô

Độ dày trung bình của lớp đất xói mòn trên bề mặt lưu vực hàng năm được xác định từ kết quả của mô hình RUSLE tính toán lượng mất đất trung bình hàng năm tại 8 trạm quan trắc thủy văn được thể hiện trong bảng 4.

Bảng 4: Độ dày trung bình lớp đất xói mòn

Trạm đo	Độ dày lớp xói mòn
Bảo Yên	0,27 mm/năm
Thác Bà	0,34 mm/năm
Hà Giang	0,25 mm/năm
Hàm Yên	0,32 mm/năm
Bảo Lạc	0,34 mm/năm
Chiêm Hóa	0,17 mm/năm
Tuyên Quang	0,23 mm/năm
Vũ Quang	0,23 mm/năm

5.2. Về hiệu quả lắng đọng bùn cát trong hồ chứa

Hồ chứa Thác Bà (dung tích $2,49 \cdot 10^9 \text{ m}^3$) và hồ chứa Tuyên Quang (dung tích $2,245 \cdot 10^9 \text{ m}^3$) đã thay đổi hàm lượng bùn cát trong dòng chảy kể từ năm 1971 (hồ Thác Bà) và năm 2005 (hồ Tuyên Quang). Bùn cát lắng đọng trong các hồ chứa này đã làm thay đổi hàm lượng bùn cát lơ lửng trong sông. Hiệu quả lắng đọng của các hồ chứa này ước tính trong khoảng 71%÷95%. Để đánh giá sự mất đất do xói mòn trong lưu vực sông Lô, sử dụng mô hình RUSLE và mô hình DIMOSHONG để tính toán. Kết quả tính toán thu được theo mô hình tương đối sát với các kết quả thực đo tại 8 trạm thủy văn trên trong lưu vực sông Lô được thể hiện trong bảng 5.

Bảng 5: Tổng lượng bùn cát hàng năm (tấn/năm)

Trạm đo	Sông	Diện tích (km ²)	Bùn cát thực đo (không hồ)	Bùn cát RUSLE (không hồ)	Bùn cát thực đo (có hồ)	Bùn cát RUSLE (có hồ)
Bảo Yên	Chảy	5000	4 315 193	2 000 728	4 315 193	1 851 864
Thác Bà*	Chảy	6170	3 221 854	3 157 341	186 249	639 120
Hà Giang	Lô	8300	3 018 636	3 162 664	3 018 636	2 630 838
Hàm Yên	Lô	11900	4 254 671	5 652 585	4 254 671	4 755 346
Bảo Lạc	Gâm	4060	1 181 968	2 079 477	1 181 968	2 079 477
Chiêm Hóa*	Gâm	16500	5 411 995	4 326 636	1 868 613	1 222 592
Tuyên Quang*	LôGâm	29600	10 230 666	10 018 721	3 915 373	4 087 866
Vũ Quang*	LôGâmChảy	37000	11 000 128	12 825 106	4 188 439	4 225 354

(*) Các trạm ở hạ lưu hồ chứa

5.3. Về sự thay đổi thảm phủ thực vật

Sự thay đổi sử dụng đất đã ảnh hưởng không nhỏ đối với xói mòn và vận chuyển bùn cát trong lưu vực sông Lô. Do sự thay đổi lớp phủ thực vật: phá rừng để phát triển nông nghiệp, biến đất rừng thành đất canh tác, hoang hóa đất rừng và cháy rừng, theo Phạm Hùng [7] quan sát thấy diện tích rừng giảm đến 35%, với 20%

diện tích đất rừng chuyển thành diện tích đất nông nghiệp và 15% thành bụi cây và đồi cỏ, đã làm tăng lượng mất đất của lưu vực sông Lô. Kết quả tính toán theo mô hình RUSLE và mô hình DIMOSHONG cho thấy sự thay đổi sử dụng đất với diện tích đất rừng giảm 35% như trên thì dẫn tới sự mất đất do xói mòn tăng lên khoảng 28% (xem trong bảng 6).

Bảng 6: Ảnh hưởng thay đổi thảm phủ đến tổng lượng bùn cát (tấn/năm) lưu vực sông Lô

Trạm đo	Sông	Diện tích (km ²)	Bùn cát RUSLE	Bùn cát RUSLE (thay đổi thảm phủ)	Bùn cát tăng TB (%)
Bảo Yên	Chảy	5000	1 851 864	2 114 557	28%
Thác Bà*	Chảy	6170	639 120	833 979	
Hà Giang	Lô	8300	2 630 838	2 859 101	
Hàm Yên	Lô	11900	4 755 346	6 355 186	
Bảo Lạc	Gâm	4060	2 079 477	2 618 556	
Chiêm Hóa*	Gâm	16500	1 222 592	1 580 741	
Tuyên Quang*	Lô-Gâm	29600	4 087 866	5 724 311	
Vũ Quang*	Lô-Gâm-Chảy	37000	4 225 354	5 968 811	

6. KẾT LUẬN

Mưa là yếu tố quan trọng nhất trong số các nhân tố ảnh hưởng đến xói mòn bề mặt lưu vực. Phân tích số liệu mưa thu thập từ 20 trạm đo mưa trong lưu vực sông Lô cho thấy, khoảng 83,3% tổng lượng mưa hàng năm có cường độ lớn hơn 10 mm/ngày có đủ năng lượng để gây nên sự xói mòn đất, theo Loureiro và Coutinho [5].

Mô hình RUSLE kết hợp với mô hình DIMOSHONG để tính toán lượng tổn thất đất do xói mòn và vận chuyển bùn cát trong sông. Kết quả tính toán được chiều dày lớp đất bề mặt bị xói mòn trung bình hàng năm tại tám trạm đo trong lưu vực sông Lô: tại trạm Bảo Yên 0,27 mm/năm, trạm Thác Bà 0,34 mm/năm, trạm Hà Giang 0,25 mm/năm, trạm Hàm Yên 0,32 mm/năm, trạm Bảo Lạc 0,34 mm/năm, trạm Chiêm Hóa 0,17 mm/năm, trạm

Tuyên Quang 0,23 mm/năm và trạm Vũ Quang 0,23 mm/năm.

Việc xây dựng hai đập lớn ở lưu vực sông Chảy và sông Gâm tạo nên hồ chứa Thác Bà và hồ chứa Tuyên Quang đã làm giảm đáng kể lượng bùn cát lơ lửng trong sông. Sử dụng mô hình RUSLE kết hợp mô hình DIMOSHONG tính toán được lượng mất đất do xói mòn bề mặt và hiệu quả lắng đọng bùn cát trong hồ đạt khoảng 71%-95%. Thay đổi sử dụng đất đã làm thay đổi thảm phủ thực vật trong lưu vực, với giả định 20% diện tích đất rừng được chuyển đổi thành đất nông nghiệp và 15% diện tích đất rừng bị hoang hóa trở thành đồi cỏ, cây bụi thì có thể làm tăng lên 28% lượng mất đất do xói mòn. Điều này cho thấy mô hình RUSLE kết hợp với mô hình DIMOSHONG có thể tính toán dự báo xói mòn và vận chuyển bùn cát trong lưu vực sông Lô, lượng bùn cát

lắng đọng trong các hồ chứa với các kịch bản thay đổi thảm phủ thực vật khác nhau do thay đổi tập quán canh tác, cháy rừng và hoang hóa đất rừng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Le T.P.Q., Garnier J., Gilles B., Sylvain T. and Chau V.M., 2007. The changing flow regime and sediment load of the Red river, Viet Nam. *J. of Hydrol.*, 334, 199-214.
- [2] Wischmeier W.H. and Smith D.D., 1978. Predicting rainfall erosion soil losses, *A Guide to Conservation Planning. Agriculture Handbook N°. 282, N°. 537, U.S. Dep. Agr, Washington D.C.*
- [3] Renard K.G., Foster G.A., Weesies D.A., McCool D.K. and Yoder D.C., 1997. Predicting Soil Erosion by Water: A Guide to Conservation Planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). *Ag. Handbook No.703, USDA, Washington DC.*
- [4] Le T.H., 2009, Sediment load in the Lo river basin (Vietnam) and interaction with hydraulic structures, PhD thesis, Politecnico di Milano - Italia.
- [5] Loureiro N.S. and Coutinho M.A., 2001. A new procedure to estimate the RUSLE EI30 index, based on monthly rainfall data and applied to the Algarve region, Portugal, *J. of Hydrol.*, 250, 12-18.
- [6] Vezina K., Bonn F. and Pham V.C., 2006. Agricultural land-use patterns and soil erosion vulnerability of watershed units in Vietnam's northern highlands. *Landscape Ecol* 21 (8), 1311-1325.
- [7] Pham H., 2007. Evaluating potential of soil loss erosion in the Ba Be lake basin in Vietnam, Project, Hanoi-Vietnam.
- [8] Zhang K.L., Shu A.P., Xu X.L., Yang Q.K. and Yu B., 2008. Soil erodibility and its estimation for agricultural soils in China. *J. of Ar. Env.* 72, 1002-101.
- [9] Moore I.D., Burch F.J., 1986. Physical basic of the length-slope factor in the Universal Soil Loss Equation. *Soil Sci. Soc. of Am. J.*, Vol. 50, 1294-1298.
- [10] Ranzi R., Bochicchio M. and Bacchi B., 2002. Effects on floods of recent afforestation and urbanisation in the Mella River (Italian Alps), *Hydrol. Earth System Sci.*, 6(2), 239-265.