

ĐÁNH GIÁ TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU ĐẾN DÒNG CHẢY VÀ NỒNG ĐỘ BÙN CÁT TRÊN LƯU VỰC SÔNG HỒNG - SÔNG THÁI BÌNH

Nguyễn Lê Tuấn, Lê Đức Dũng, Bùi Ngọc Quỳnh
Viện Nghiên cứu Biển và Hải đảo

Ngày nhận bài: 23/11/2020; ngày chuyển phản biện: 24/11/2020; ngày chấp nhận đăng: 18/12/2020

Tóm tắt: Khu vực đồng bằng sông Hồng là nơi tiếp nhận dòng chảy và bùn cát từ hệ thống sông suối thuộc hệ thống sông Hồng - sông Thái Bình. Dưới tác động của biến đổi khí hậu, những thay đổi về mưa sẽ dẫn tới những thay đổi về dòng chảy và nồng độ bùn cát trong các con sông. Trong bài báo này, nhóm tác giả tập trung nghiên cứu đánh giá tác động của biến đổi khí hậu đến lưu lượng và nồng độ bùn cát trên lưu vực sông Hồng - sông Thái Bình thông qua chuỗi số liệu mưa quan trắc tại các trạm đo mưa và trạm khí tượng sử dụng làm đầu vào cho mô hình SWAT. Lưu lượng dòng chảy và nồng độ bùn cát trong sông được tính toán cho 06 kịch bản biến đổi khí hậu. Kết quả nghiên cứu cho thấy, lượng mưa tăng 20,9% (năm 2100) làm cho lưu lượng trung bình năm tại các trạm thủy văn tăng từ 25 - 27%; nồng độ bùn cát trung bình tăng từ 21 - 47%.

Từ khóa: Lưu vực sông Hồng - sông Thái Bình, biến đổi khí hậu, mô hình SWAT, dòng chảy, bùn cát.

1. Đặt vấn đề

Lưu vực sông Hồng - sông Thái Bình là một hệ thống sông quốc tế chảy qua ba quốc gia Trung Quốc, Việt Nam và Lào. Đây là một trong những lưu vực sông có lượng nước dồi dào - đứng thứ 22 trên thế giới với tổng lượng nước hàng năm khoảng 130 - 140 km³ nước, song phân bố không đều theo không gian và thời gian [6]. Hơn 90% bề mặt của lưu vực có địa hình đồi núi, nguồn nước mặt chủ yếu phát sinh từ mưa do đó khi có mưa một lượng nước lớn tập trung nhanh thành dòng chảy mặt gây lên lũ lớn trên diện rộng. Cũng vì vậy mùa khô các sông suối thượng nguồn khô hạn, nhiều vùng thiếu nước nghiêm trọng ảnh hưởng lớn đến hoạt động phát triển kinh tế, cũng như hệ sinh thái trên lưu vực.

Phát triển và ứng dụng mô hình toán trong đánh giá và quản lý tài nguyên nước nói chung được chú ý tập trung phát triển trong nhiều thập kỷ qua. Rất nhiều mô hình toán đã được phát triển trong lĩnh vực quản lý tài nguyên nước với phạm vi ứng dụng rộng rãi trên toàn thế giới, trong số đó có mô hình SWAT [5]. Mô hình SWAT được phát triển liên tục trong gần 30 năm qua

bởi Viện Nghiên cứu nông nghiệp USDA, hiện là một mô hình có nhiều ưu điểm với nhiều ứng dụng thành công trên thế giới.

Tại Việt Nam, nhiều nghiên cứu cũng đã ứng dụng mô hình SWAT để đánh giá lưu lượng và bùn cát trên lưu vực hoặc hồ chứa, ví dụ như “*Ứng dụng mô hình SWAT để tính toán lưu lượng dòng chảy và bùn cát trên lưu vực sông Cầu*” của tác giả Trần Việt Bách (2017), “*Ứng dụng mô hình SWAT đánh giá tác động của biến đổi khí hậu đến dòng chảy lưu vực sông Đổng Nai*” của PGS.TS. Nguyễn Kỳ Phùng và ThS. Lê Thị Thu An (2012), “*Ứng dụng mô hình SWAT đánh giá tác động của biến đổi khí hậu đến dòng chảy và bùn cát vào hồ thủy điện Nậm Mực trên sông Nậm Mực*” của tác giả Phùng Thị Thu Trang (2017),...

Bài báo này tập trung ứng dụng mô hình SWAT nghiên cứu bài toán mưa - dòng chảy dưới tác động của biến đổi khí hậu (kịch bản gia tăng lượng mưa) phục vụ đánh giá tác động của biến đổi khí hậu đến dòng chảy và bùn cát trên lưu vực sông Hồng - sông Thái Bình. Kết quả nghiên cứu này cũng là cơ sở đầu vào cho mô hình 1 chiều MIKE 11 phục vụ đánh giá, dự báo ảnh hưởng của biến đổi khí hậu đến lưu lượng và nồng độ bùn cát tại khu vực cửa sông ven biển vùng đồng bằng sông Hồng.

Liên hệ tác giả: Bùi Ngọc Quỳnh
Email: buingocquynh291291@gmail.com

$$R^2 = \frac{[\sum_{i=1}^n (Q_{obs}^i - \bar{Q}_{obs}) * (Q_{sim}^i - \bar{Q}_{sim})]^2}{\sum_{i=1}^n (Q_{obs}^i - \bar{Q}_{obs})^2 * \sum_{i=1}^n (Q_{sim}^i - \bar{Q}_{sim})^2}$$

Trong đó: n là số giá trị của chuỗi quan trắc và mô phỏng; Q_{obs}^i, \bar{Q}_{obs} là giá trị thực đo và thực đo trung bình; Q_{sim}^i, \bar{Q}_{sim} là giá trị mô phỏng và

mô phỏng trung bình.

Kết quả đánh giá mô hình SWAT bằng chỉ tiêu R^2 :

Mức độ	Chấp nhận	Tốt	Rất tốt
R^2	0,50 ÷ 0,64	0,65 ÷ 0,81	> 0,82

2.3. Các kịch bản tính toán

Để đánh giá được quá trình lưu lượng dòng chảy bằng mô hình lưu vực, nghiên cứu tính toán cho 06

kịch bản biến đổi khí hậu (Bảng 1) và 01 kịch bản hiện trạng (giai đoạn 2000 - 2013) để đánh giá diễn biến lưu lượng và lượng bùn cát theo thời gian.

Bảng 1. Các kịch bản tính toán [1]

Kịch bản biến đổi khí hậu	Lượng mưa gia tăng (%)		
	Năm 2030	Năm 2050	Năm 2100
RCP4.5	7,5	12,9	20,2
RCP8.5	7,0	12,8	20,9

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Hiệu chỉnh mô hình

Trên lưu vực sông Hồng - sông Thái Bình, để xác định bộ thông số của mô hình, nghiên cứu lựa chọn chuỗi số liệu lưu lượng trung bình

tháng quan trắc tại trạm thủy văn Hòa Bình từ năm 2000 - 2006 để so sánh với giá trị tính toán tại cửa ra của tiểu lưu vực 39.

Kết quả hiệu chỉnh mô hình cho ra bộ thông số được lựa chọn như trình bày trong Bảng 2.

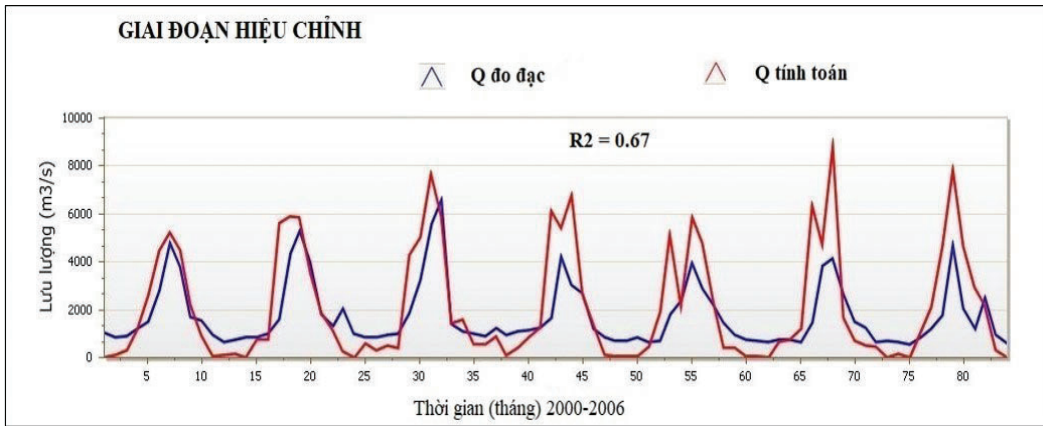
Bảng 2. Kết quả hiệu chỉnh 04 thông số được lựa chọn trong SWAT-CUP 2012

STT	Yếu tố	Mô tả	Giá trị hiệu chỉnh
1	CN2	Chỉ số CN ứng với điều kiện ẩm loại II	35,81
2	ALPHA_BF	Hệ số triết giảm dòng chảy ngầm (ngày)	0,623
3	GW_DELAY	Thời gian trễ dòng chảy ngầm (ngày)	160,620
4	GWQMN	Ngưỡng sinh dòng chảy ngầm (mm)	1,026

Nghiên cứu sử dụng phần mềm hỗ trợ SWAT - CUP 2012 và thuật toán SUFI - 2 để hiệu chỉnh thông số mô hình với bước thời gian mô phỏng theo tháng, số lần mô phỏng $N = 500$ lần.

Kết quả hiệu chỉnh thông số mô hình được thể hiện trong Hình 5.

Kết quả hiệu chỉnh thông số mô hình SWAT cho kết quả khá tốt với các chỉ tiêu đánh giá: $R^2 = 0,67$.



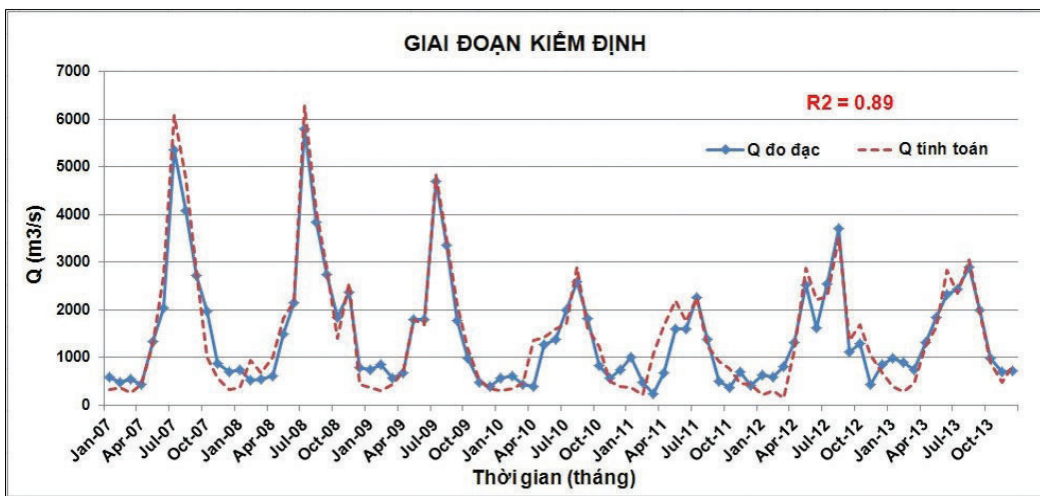
Hình 5. Kết quả so sánh đường quá trình dòng chảy tính toán và thực đo tại trạm Hòa Bình (Giai đoạn hiệu chỉnh)

3.2. Kiểm định mô hình

Nghiên cứu sử dụng bộ thông số tính được trong quá trình hiệu chỉnh mô hình SWAT ở trên và chuỗi số liệu lưu lượng trung bình tháng quan

trắc tại trạm thủy văn Hòa Bình từ năm 2007 - 2013 để kiểm định mô hình.

Kết quả kiểm định được thể hiện trong Hình 6 dưới đây:



Hình 6. Kết quả so sánh đường quá trình dòng chảy tính toán và thực đo tại trạm Hòa Bình (Giai đoạn kiểm định)

Với kết quả tính toán chỉ tiêu đánh giá R^2 đạt được trong quá trình hiệu chỉnh ($R^2 = 0,67$) và kiểm định mô hình ($R^2 = 0,89$) cho thấy, mô hình SWAT có khả năng mô phỏng khá tốt chu trình thủy văn tại lưu vực sông Hồng - sông Thái Bình và có thể sử dụng để mô phỏng tính toán cho các kịch bản nhằm đánh giá tác động của biến đổi khí hậu đến lưu lượng và bùn cát lơ lửng từ lưu vực đổ xuống các sông và chảy ra biển tại khu vực đồng bằng sông Hồng.

3.3. Kết quả tính toán và đánh giá ảnh hưởng của biến đổi khí hậu đến lưu lượng và nồng độ bùn cát tại các vị trí

Các kết quả tính toán lưu lượng và nồng độ bùn cát theo hiện trạng năm 2000 - 2013 và theo các kịch bản biến đổi khí hậu được trích xuất tại các vị trí sau:

- Trạm thủy văn Hòa Bình (sông Đà);
- Trạm thủy văn Sơn Tây (sông Hồng);
- Trạm thủy văn Lục Nam (sông Lục Nam);

- Trạm thủy văn Phủ Lạng Thương (sông Thương).

Trên cơ sở số liệu về lưu lượng và nồng độ bùn cát trung bình tháng tiến hành tính toán giá

trị trung bình năm để làm cơ sở đánh giá ảnh hưởng của biến đổi khí hậu đến lưu lượng và bùn cát vận chuyển từ trên lưu vực đến vị trí các trạm thủy văn (Bảng 3):

Bảng 3. Lưu lượng và nồng độ bùn cát trung bình năm ứng với kịch bản hiện trạng

STT	Vị trí	Lưu lượng (m ³ /s)	Nồng độ bùn cát (g/l)
1	Trạm Phủ Lạng Thương	121	195
2	Trạm Lục Nam	109	65,4
3	Trạm Sơn Tây	5.386	173
4	Trạm Hòa Bình	2.190	56,8

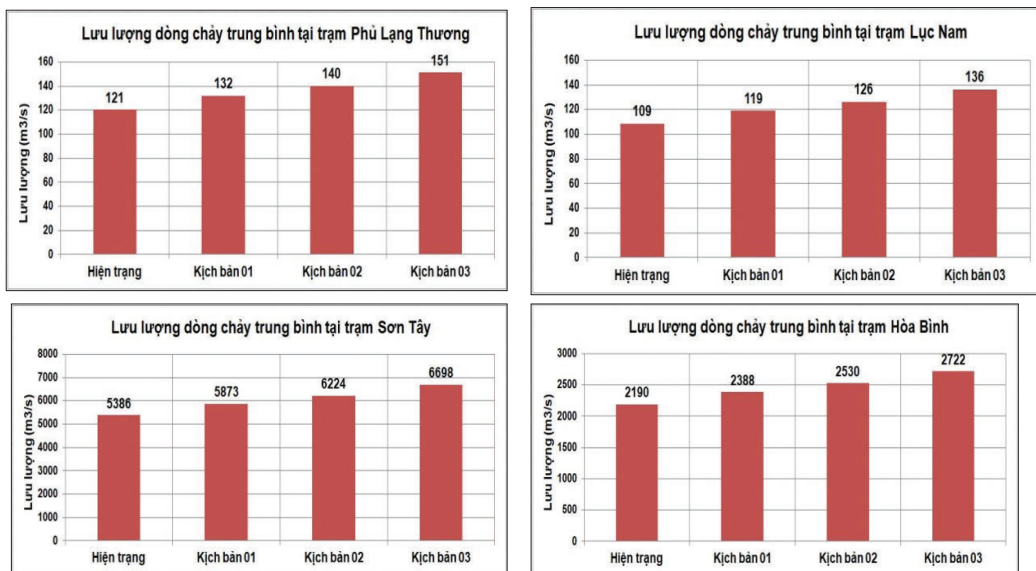
3.3.1. Tính toán và đánh giá ảnh hưởng của các kịch bản biến đổi khí hậu RCP4.5 đến lưu lượng và nồng độ bùn cát

Mô hình SWAT sau khi đã hiệu chỉnh và kiểm định tiến hành tính toán lưu lượng và nồng

độ bùn cát theo các kịch bản biến đổi khí hậu RCP4.5. Kết quả tính toán lưu lượng và nồng độ bùn cát tại 4 trạm thủy văn cho trường hợp hiện trạng, đến năm 2030, năm 2050 và năm 2100 cụ thể như trình bày trong Bảng 4, Hình 7, 8.

Bảng 4. Kết quả tính toán ứng với kịch bản biến đổi khí hậu RCP4.5

Kịch bản	Yếu tố	Vị trí			
		Phủ Lạng Thương	Lục Nam	Sơn Tây	Hòa Bình
KB 01	Lưu lượng (m ³ /s)	132	119	5873	2388
	Nồng độ bùn cát (g/l)	224	75,6	200	61.0
KB 02	Lưu lượng (m ³ /s)	140	126	6224	2530
	Nồng độ bùn cát (g/l)	244	82,2	221	64,4
KB03	Lưu lượng (m ³ /s)	151	136	6698	2722
	Nồng độ bùn cát (g/l)	277	93,9	251	68,4



Hình 7. Ảnh hưởng của biến đổi khí hậu đến lưu lượng tại các trạm thủy văn

Nhận xét: Trên cơ sở các kịch bản biến đổi khí hậu RCP4.5, lượng mưa gia tăng làm cho lưu lượng tại các sông cũng gia tăng. Kết quả tính toán định lượng về gia tăng lưu lượng tại vị trí các trạm như sau:

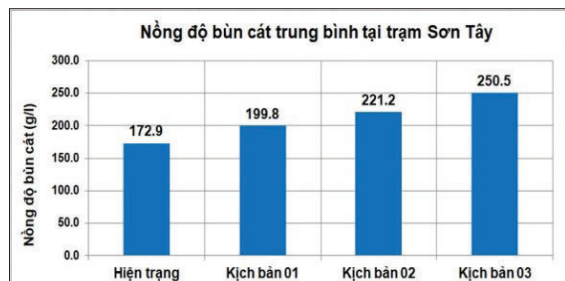
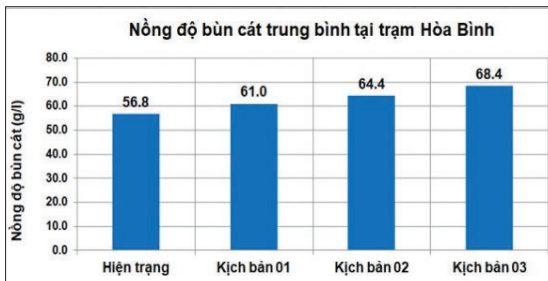
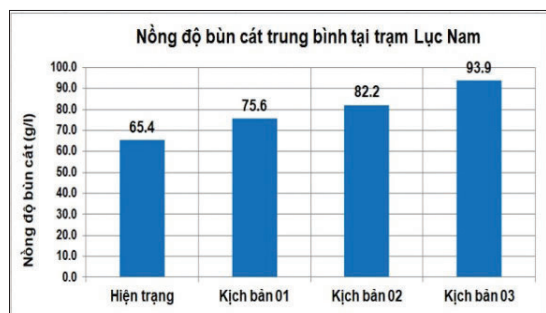
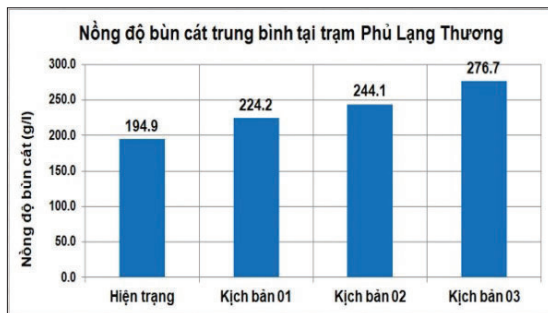
- Tại trạm Phủ Lạng Thương: Kịch bản hiện trạng lưu lượng trung bình là 121 m³/s, kịch bản biến đổi khí hậu đến năm 2030 lưu lượng là 132 m³/s, đến năm 2050 lưu lượng là 140 m³/s và đến năm 2100 lưu lượng là 151 m³/s. Như vậy đến 2100 lưu lượng tại cửa sông Văn Úc tăng lên

30 m³/s tức khoảng 26%.

- Tại trạm Lục Nam: Lưu lượng trung bình trên sông Lục Nam tăng từ 109 m³/s ứng với kịch bản hiện trạng lên 136 m³/s đến năm 2100.

- Tại trạm Sơn Tây trên sông Hồng: Lưu lượng trung bình tăng từ 5.386 m³/s ứng với kịch bản hiện trạng lên 6.698 m³/s đến năm 2100.

- Tại trạm Hòa Bình trên sông Đà: Lưu lượng trung bình tăng từ 2.190 m³/s ứng với kịch bản hiện trạng lên 2.722 m³/s đến năm 2100.



Hình 8. Ảnh hưởng của biến đổi khí hậu đến nồng độ bùn cát tại các trạm thủy văn

Nhận xét: Dưới ảnh hưởng của biến đổi khí hậu làm cho lượng mưa gia tăng dẫn đến xói mòn bề mặt gia tăng làm cho nồng độ bùn cát tại các sông gia tăng. Kết quả đánh giá định lượng về sự gia tăng nồng độ bùn cát tại các sông, cụ thể như sau:

- Tại trạm Phủ Lạng Thương: Nồng độ bùn cát trung bình kịch bản hiện trạng là 195 g/l, đến năm 2030 là 224 g/l, đến năm 2050 là 244 g/l và đến năm 2100 là 277 g/l.

- Tại trạm Lục Nam: Nồng độ bùn cát trung bình tăng từ 65,4 g/l ứng với kịch bản hiện trạng lên 93,9 g/l đến năm 2100.

- Tại trạm Sơn Tây trên sông Hồng: Nồng độ bùn cát trung bình tăng từ 173 g/l ứng với kịch bản hiện trạng lên 251 g/l đến năm 2100.

- Tại trạm Hòa Bình trên sông Đà: Nồng độ bùn cát trung bình tăng từ 56,8 g/l ứng với kịch bản hiện trạng lên 68,4 g/l đến năm 2100.

3.3.2. Tính toán và đánh giá ảnh hưởng của các kịch bản biến đổi khí hậu RCP8.5 đến lưu lượng và nồng độ bùn cát

Mô hình SWAT sau khi đã hiệu chỉnh và kiểm định tiến hành tính toán lưu lượng và nồng độ bùn cát theo kịch bản biến đổi khí hậu RCP8.5. Kết quả tính toán cụ thể như Bảng 5.

Tương tự như kịch bản RCP4.5, nội dung này đánh giá ảnh hưởng của kịch bản biến đổi khí hậu RCP8.5 đến lưu lượng và nồng độ bùn cát tại các trạm thủy văn trên hệ thống sông Hồng - sông Thái Bình.

Bảng 5. Kết quả tính toán ứng với kịch bản biến đổi khí hậu RCP8.5

Kịch bản	Yếu tố	Vị trí			
		Phủ Lạng Thương	Lục Nam	Sơn Tây	Hòa Bình
KB 04	Lưu lượng (m ³ /s)	131	118	5840	2374
	Nồng độ bùn cát (g/l)	222	74,9	194	60,6
KB 05	Lưu lượng (m ³ /s)	140	126	6217	2527
	Nồng độ bùn cát (g/l)	244	82,0	223	64,2
KB 06	Lưu lượng (m ³ /s)	153	137	6744	2741
	Nồng độ bùn cát (g/l)	280	94,9	254	68,8

Nhận xét:

Trên cơ sở kịch bản biến đổi khí hậu RCP8.5 làm gia tăng lượng mưa và làm cho lưu lượng tại các trạm thay đổi và có xu thế tăng theo thời gian. Cụ thể, tại trạm Phủ Lạng Thương, lưu lượng trung bình hiện trạng là 121 m³/s, đến năm 2100 tăng lên 153 m³/s; tại trạm Lục Nam lưu lượng trung bình hiện trạng là 109 m³/s, đến năm 2100 tăng lên 137 m³/s; tại trạm Sơn Tây lưu lượng trung bình hiện trạng là 5.386 m³/s, đến năm 2100 tăng lên 6.744 m³/s; tại trạm Hòa Bình lưu lượng trung bình hiện trạng là 2.190 m³/s, đến năm 2100 tăng lên 2.741 m³/s.

Việc tính toán mô hình để đánh giá và dự báo ảnh hưởng của các kịch bản biến đổi khí hậu RCP8.5 đến nồng độ bùn cát tại các trạm cho phép xác định một cách định lượng về giá trị bùn cát trên hệ thống các sông này. Cụ thể, biến đổi khí hậu đã làm gia tăng nồng độ bùn cát trong các sông. Tại trạm Phủ Lạng Thương, nồng độ bùn cát gia tăng từ 195 g/l trong trường hợp hiện trạng lên 280 g/l đến năm 2100. Tại trạm Lục Nam nồng độ bùn cát gia tăng từ 65,4 g/l trong trường hợp hiện trạng lên 94,9 g/l đến năm 2100. Tại trạm Sơn Tây nồng độ bùn cát gia tăng từ 173 g/l trong trường hợp hiện trạng lên

254 g/l đến năm 2100. Tại trạm Hòa Bình nồng độ bùn cát gia tăng từ 56,8 g/l trong trường hợp hiện trạng lên 68,8 g/l đến năm 2100.

4. Kết luận

Bài báo đã nghiên cứu và xác định một cách định lượng về ảnh hưởng của biến đổi khí hậu (cụ thể là sự gia tăng lượng mưa) đến lưu lượng và nồng độ bùn cát trên lưu vực sông Hồng - sông Thái Bình theo các kịch bản biến đổi khí hậu năm 2016 của Bộ Tài nguyên và Môi trường. Kết quả cho thấy, lượng mưa tăng đã làm gia tăng lưu lượng và nồng độ bùn cát trong hệ thống sông suối trên lưu vực sông Hồng - sông Thái Bình. Năm 2100, lượng mưa tăng 20,9% làm cho lưu lượng trung bình năm tại các trạm thủy văn tăng từ 25 - 27% (trạm Phủ Lạng Thương 27%, trạm Lục Nam 26%, trạm Sơn Tây và Hòa Bình 25%); nồng độ bùn cát trung bình tăng từ 21 - 47% (trạm Phủ Lạng Thương 44%, trạm Lục Nam 45%, trạm Sơn Tây 47% và Hòa Bình 21%).

Do hạn chế về số liệu thu thập, nghiên cứu mới chỉ hiệu chỉnh và kiểm định các thông số mô hình liên quan đến lưu lượng dòng chảy, các thông số liên quan đến lưu lượng bùn cát sẽ được hiệu chỉnh và kiểm định trong những nghiên cứu tiếp theo.

Lời cảm ơn: Bài báo là một phần kết quả nghiên cứu của Đề tài “Đánh giá tác động của biến đổi khí hậu đến điều kiện tự nhiên, tài nguyên thiên nhiên và môi trường khu vực cửa sông ven biển vùng đồng bằng sông Hồng và đề xuất giải pháp khai thác sử dụng hợp lý”, mã số BĐKH.33/16-20.

Tài liệu tham khảo

1. Bộ Tài nguyên và môi trường (2016), *Tóm tắt Kịch bản biến đổi khí hậu và nước biển dâng cho Việt Nam*.
2. Trung tâm Thông tin Dữ liệu Khí tượng Thủy văn, Tổng cục Khí tượng Thủy văn.

3. Trang Web của Cục khảo sát địa chất Hoa Kỳ (USGS): <https://www.usgs.gov>.
4. Trang Web của FAO/UNESCO: <http://www.fao.org>.
5. Trang Web của SWAT: <https://swat.tamu.edu>.
6. Tài liệu Web: <http://www.vncold.vn>.

CLIMATE CHANGE IMPACT ASSESSMENT ON SEDIMENT FLOW AND CONCENTRATION FOR THE RED RIVER - THAI BINH RIVER BASIN

Nguyen Le Tuan, Le Duc Dung, Bui Ngoc Quynh
Viet Nam Institute of Seas and Islands

Received: 23/12/2020; Accepted: 18/12/2020

Abstract: *The Red River Delta is the receiving body of flow and sediments from the river system of the Red River - Thai Binh River system. Under the impacts of climate change, changes in rainfall patterns will lead to changes in the flow and sediment concentration in rivers. In this article, the authors focus on researching and assessing the impacts of climate change on the discharge and sedimentation in the Red River - Thai Binh River basin through a series of rainfall data observed at the rain gauge stations and the meteorological stations used as inputs to the SWAT model. Flow discharge and sediment concentration in the river are calculated for 06 climate change scenarios. The research results show that the rainfall increases by 20.9% (by 2100), making the annual average discharge at the hydrological stations increase by 25 - 27%; average concentration of sediment increases by 21 - 47%.*

Keywords: Red River - Thai Binh River basin, climate change, SWAT model, discharge, sediment.