

VỀ SỰ THAY ĐỔI CỦA CÁC THÀNH PHẦN CÂN BẰNG NƯỚC TRONG ĐIỀU KIỆN BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU

PTS. Vũ Văn Tuấn

Trung tâm Nghiên cứu môi trường không khí và nước
Viện Khí tượng Thủy văn

Tóm tắt: Trên cơ sở phương trình L. TURC biểu thị mối quan hệ giữa mưa, bốc hơi, dòng chảy và nhiệt độ, bằng những biến đổi toán học, tác giả đã chứng minh xu thế giảm của dòng chảy khi nhiệt độ tăng lên để nhận định về sự thay đổi của các thành phần cân bằng nước trong điều kiện khí hậu biến đổi diễn ra trong phạm vi của các lưu vực sông miền núi ở điều kiện nhiệt đới ẩm. Với những số liệu thực đo nhiều năm của lưới trạm khí tượng thủy văn trong lưu vực sông Đà, tác giả đã tính toán định lượng về mức giảm của dòng chảy tương ứng với hai trạng huống (scenario) biến đổi khí hậu khác nhau (nhiệt độ tăng lên 1°C và 4°C).

Sự gia tăng của các khí gây hiệu ứng nhà kính làm cho khí hậu biến đổi theo xu thế nóng lên trên phạm vi toàn cầu. Trong điều kiện biến đổi khí hậu như vậy, các thành phần cân bằng nước chủ yếu sẽ diễn ra theo xu thế nào - đó là một vấn đề được nhiều nhà thủy văn quan tâm. Đây là một vấn đề không chỉ mang tính khoa học thuần túy mà nó rất cần thiết cho việc hoạch định những chiến lược sử dụng nước trong tương lai. Trong phạm vi hạn chế của bài báo này, chúng tôi muốn giới hạn vấn đề nghiên cứu đối với các lưu vực sông miền núi trong vùng nhiệt đới ẩm - nơi có lượng mưa phong phú, có sự biến đổi của các thành phần cân bằng nước theo độ cao và có các trị số nhiệt độ luôn mang giá trị dương. Để minh họa cho những kết quả mang tính lý thuyết, chúng tôi đã chọn lưu vực sông Đà (phần Việt Nam, tới mặt cắt Hoà Bình) làm một trường hợp nghiên cứu định lượng cụ thể.

1. Phân tích sự thay đổi của các thành phần cân bằng nước trong điều kiện khí hậu biến đổi

Xuất phát từ phương trình quen thuộc của L. TURC [1] để phân tích xu thế thay đổi của các thành phần cân bằng nước chủ yếu: mưa (P), bốc hơi (E) và dòng chảy (R) theo yếu tố nhiệt độ (T):

$$E = P \cdot [0,9 + (P/I)^2]^{-1/2} \quad (1)$$

trong đó, I là một hàm số của nhiệt độ trung bình với quan hệ kinh nghiệm:

$$I = 300 + 25T + 0,05T^3 \quad (2)$$

Để đơn giản hoá bài toán, chúng tôi sử dụng hai điều kiện giả định:

- Nhiệt độ (T) và lượng mưa (P) là hai biến độc lập,
- Các điều kiện được xét cho phương trình cân bằng nước thời đoạn dài đối với một lưu vực sông khép kín:

$$R = P - E$$

Đạo hàm từng phần của (1) theo T và P với lưu ý rằng $E = f(P, I)$ mà trong đó I là hàm số của T theo quan hệ (2):

$$\partial E / \partial T = P^3 \cdot (25 + 0,15T^2) \cdot [0,9 + (P/I)^2]^{-3/2} \cdot I^{-3} \quad (3)$$

$$\partial E / \partial P = 0,9 \cdot [0,9 + (P/I)^2]^{-3/2} \quad (4)$$

Với phương trình cân bằng nước theo thời đoạn dài, trong đó E được biểu thị theo quan hệ (1) nói trên:

$$R = P \cdot [1 - [0,9 + (P/I)^2]^{-1/2}] \quad (5)$$

Cũng lấy đạo hàm riêng của R theo các biến T và P, với lưu ý $R = P - E$, ta có:

$$\partial R / \partial P = 1 - \partial E / \partial P \quad \text{và} \quad \partial R / \partial T = \partial P / \partial T - \partial E / \partial T$$

Theo điều kiện giả định ban đầu, P và T là hai biến độc lập, do đó :

$$\partial R / \partial T = - \partial E / \partial T$$

Như vậy, ta được các đạo hàm riêng tương ứng của R theo T và P như sau:

$$\partial R / \partial T = - P^3 \cdot (25 + 0,15T^2) \cdot [0,9 + (P/I)^2]^{-3/2} \cdot I^{-3} \quad (6)$$

$$\partial R / \partial P = 1 - 0,9 \cdot [0,9 + (P/I)^2]^{-3/2} \quad (7)$$

Phân tích các đạo hàm riêng (3), (4), (6) và (7), nhận thấy trong điều kiện nhiệt đới ẩm ($T > 0$ và $P > 0$) thì các đạo hàm $\partial E / \partial T$, $\partial E / \partial P$, $\partial R / \partial P$ cũng luôn dương và điều đó có nghĩa là thành phần bốc hơi có quan hệ đồng biến với nhiệt độ và lượng mưa, trong khi thành phần dòng chảy chỉ có quan hệ đồng biến với lượng mưa. *Đạo hàm $\partial R / \partial T$ lại luôn âm trong điều kiện nhiệt đới ẩm, có nghĩa là tồn tại mối quan hệ nghịch biến giữa dòng chảy và nhiệt độ. Hay nói một cách khác: khi nhiệt độ tăng lên thì dòng chảy có xu thế giảm đi.* Lưu ý rằng nhận định này chỉ phù hợp khi tồn tại hai điều kiện giả định trên.

2. Nghiên cứu định lượng mức giảm của dòng chảy trong một lưu vực sông ở vùng nhiệt đới ẩm

2.1. Lựa chọn lưu vực và số liệu

Để tiến thêm một bước trong quá trình nghiên cứu ảnh hưởng của biến đổi khí hậu tới thành phần dòng chảy trong cân bằng nước, chúng tôi đã thực hiện những tính toán định lượng mức độ ảnh hưởng qua chuỗi số liệu khí tượng thủy văn nhiều năm thu thập được từ 15 trạm khí tượng và 8 trạm thủy văn trong lưu vực sông Đà (phần Việt Nam, tới mặt cắt Hoà Bình).

2.2. Phân tích quan hệ giữa các thành phần cân bằng nước theo độ cao

Đối với một lưu vực miền núi, yếu tố độ cao (H) giữ một vai trò quan trọng trong sự biến đổi của các thành phần cân bằng nước trong không gian. Bởi vậy, để làm rõ những ảnh hưởng trong mối tương quan với nhiệt độ của các thành phần cân bằng nước thì trước hết cần phải xem xét mối quan hệ của chúng với độ cao.

Các đặc trưng trung bình trong thời kỳ (1961 - 1985) của các trạm khí tượng, thủy văn có sử dụng số liệu trong báo cáo được trình bày trong bảng 1.

Trạm thủy văn	H (m)	R (mm)
Nậm Múc	931	868
Nậm Mạ	760	1840
Bản Củng	1090	1780
Nậm Chiến	1620	1660
Thác Vai	790	387
Thác Mộc	982	653
Phiêng Hiêng	1260	1250
Bãi Sang	501	1510

Bảng 1. Các đặc trưng trung bình thời kỳ (1961 - 1985) [5]

Trạm khí tượng	H (m)	T (°C)	P (mm)	E (mm)
Tam Đường	900	19,2	2621,7	955,6
Mường Tè	310	22,5	2476,9	666,4
Sìn Hồ	1529	15,9	2783,2	668,9
Bình Lư	636	20,7	2305,4	806,0
Lai Châu	244	23,0	2066,1	895,6
Tủa Chùa	1250	19,2	1891,7	985,1
Quỳnh Nhai	802	23,0	1759,6	806,9
Sơn La	676	21,0	1444,3	884,1
Phù Yên	182	22,8	1536,6	1084,6
Bắc Yên	65	20,4	1627,6	940,0
Cò Nòi	704	20,5	1319,5	1000,1
Yên Châu	59	22,6	1217	1103,3
Mộc Châu	958	18,5	1559,9	895,7
Mù Cang Chải	975	18,7	1813,4	1051,7
Hoà Bình	23	23,2	1910	762,6

Có thể nhận thấy xu thế chung của sự triệt giảm theo độ cao của thành phần bốc hơi, điều đó cũng hoàn toàn phù hợp với mối quan hệ đồng biến của lượng bốc hơi và nhiệt độ như đã được chứng minh trên.

2.3. Tính toán định lượng mức giảm của dòng chảy khi nhiệt độ tăng lên

(1) Với trạng huống (scenario) hiện tại: tương ứng với điều kiện nhiệt độ hiện nay, tính toán lượng dòng chảy sản sinh theo phương trình TURC và phương trình cân bằng nước, ta có kết quả như trình bày trong bảng 2.

(2) Với trạng huống mà mức tăng của nhiệt độ trung bình là 1°C, qua các kết quả tính toán được trình bày trong bảng 3 nhận thấy khi nhiệt độ tăng lên 1°C thì lượng dòng chảy trung bình trên lưu vực sông Đà sẽ giảm khoảng 50,5 mm.

Bảng 2. Lượng dòng chảy tính toán theo phương trình TURC và phương trình cân bằng nước thời đoạn dài

Trạm	H (m)	T °C	I= f(T)	P (mm)	E/TURC	R/TURC
Tam Đường	900	19,20	1133,89	2621,7	1049,02	1572,68
Mường Tè	310	22,50	1432,03	2476,9	1255,57	1221,33
Sìn Hồ	1529	15,90	898,484	2783,2	859,10	1924,10
Bình Lư	636	20,70	1260,99	2305,4	1119,27	1186,13
Lai Châu	244	23,00	1483,35	2066,1	1225,99	840,11
Tủa Chùa	1250	19,20	1133,89	1891,7	985,68	906,02
Quỳnh Nhai	802	23,00	1483,35	1759,6	1158,45	601,15
Sơn La	676	21,00	1288,05	1444,3	983,33	460,97
Phù Yên	182	22,80	1462,62	1536,6	1085,53	451,07
Bắc Yên	65	20,40	1234,48	1627,6	1002,04	625,56
Cò Nòi	704	20,50	1243,26	1319,5	926,93	392,57
Yên Châu	59	22,60	1442,16	1217	958,50	258,50
Mộc Châu	958	18,50	1079,08	1559,9	902,16	657,74
Mù Cang Chải	975	18,70	1094,46	1813,4	949,79	863,61
Hoà Bình	23	23,20	1504,36	1910	1205,10	704,90

Bảng 3. Lượng dòng chảy tính toán theo phương trình TURC và phương trình cân bằng nước thời đoạn dài ứng với trạng huống nhiệt độ tăng 1°C

Trạm	T °C	T +1	I = f(T)	P (mm)	E/TURC	R/TURC	R	DR
Tam Đường	19,2	20,2	1217	2621,7	1113,87	1507,83	1572,68	64,85
Mường Tè	22,5	23,5	1536	2476,9	1324,14	1152,76	1221,33	68,57
Sìn Hồ	15,9	16,9	963,8	2783,2	915,69	1867,51	1924,10	56,59
Bình Lư	20,7	21,7	1353	2305,4	1182,40	1123,00	1186,13	63,13
Lai Châu	23,0	24,0	1591	2066,1	1284,81	781,29	840,11	58,82
Tủa Chùa	19,2	20,2	1217	1891,7	1038,88	852,82	906,02	53,20
Quỳnh Nhai	23,0	24,0	1591	1759,6	1207,68	551,92	601,15	49,23
Sơn La	21,0	22,0	1382	1444,3	1023,44	420,86	460,97	40,11
Phù Yên	22,8	23,8	1569	1536,6	1126,98	409,62	451,07	41,45
Bắc Yên	20,4	21,4	1325	1627,6	1048,67	578,93	625,56	46,63
Cò Nòi	20,5	21,5	1334	1319,5	962,92	356,58	392,57	35,99
Yên Châu	22,6	23,6	1547	1217	987,54	229,46	258,50	29,04
Mộc Châu	18,5	19,5	1158	1559,9	946,91	612,99	657,74	44,75
Mù Cang Chải	18,7	19,7	1175	1813,4	1000,86	812,54	863,61	51,07
Hoà Bình	23,2	24,2	1614	1910	1259,12	650,88	704,90	54,02

Bảng 4. Lượng dòng chảy tính toán theo phương trình TURC và phương trình cân bằng nước thời đoạn dài ứng với trạng huống nhiệt độ tăng 4°C

Trạm	T °C	T + 4	I = f(T)	P (mm)	E/TURC	R/TURC	R	DR
Tam Đường	19,2	23,2	1504,36	2621,7	1321,27	1300,43	1572,68	272,25
Mường Tè	22,5	26,5	1892,98	2476,9	1532,55	944,35	1221,33	276,98
Sìn Hồ	15,9	19,9	1191,53	2783,2	1103,95	1679,25	1924,10	244,85
Bình Lư	20,7	24,7	1670,96	2305,4	1376,87	928,53	1186,13	257,60
Lai Châu	23,0	27,0	1959,15	2066,1	1456,53	609,57	840,11	230,54
Tủa Chùa	19,2	23,2	1504,36	1891,7	1200,93	690,77	906,02	215,25
Quỳnh Nhai	23,0	27,0	1959,15	1759,6	1346,91	412,69	601,15	188,46
Sơn La	21,0	25,0	1706,25	1444,3	1135,97	308,33	460,97	152,64
Phù Yên	22,8	26,8	1932,44	1536,6	1241,34	295,26	451,07	155,81
Bắc Yên	20,4	24,4	1636,34	1627,6	1184,11	443,49	625,56	182,07
Cò Nòi	20,5	24,5	1647,81	1319,5	1062,86	256,64	392,57	135,93
Yên Châu	22,6	26,6	1906,05	1217	1064,24	152,76	258,50	105,74
Mộc Châu	18,5	22,5	1432,03	1559,9	1079,90	480,00	657,74	177,74
Mù Cang Chải	18,7	22,7	1452,35	1813,4	1156,42	656,98	863,61	206,63
Hoà Bình	23,2	27,2	1986,18	1910	1413,94	496,06	704,90	208,84

(3) Với trạng huống mà mức tăng của nhiệt độ trung bình là 4°C, qua các kết quả tính toán được trình bày trong bảng 4 nhận thấy khi nhiệt độ tăng lên 4°C thì lượng dòng chảy trung bình trên lưu vực sông Đà sẽ giảm khoảng 200 mm. Trong trường hợp này, có thể thấy xu thế chung trong mối quan hệ giữa lượng bốc hơi và độ cao là không đổi, điều này cũng phù hợp với những nhận định của nhiều tác giả [2, 3], tuy nhiên về trị số tuyệt đối đã thể hiện mức độ tăng rõ rệt của lượng bốc hơi khi nhiệt độ tăng lên.

3. Kết luận

Những kết quả nghiên cứu được trình bày trên thể hiện mối quan hệ mang tính lý thuyết giữa các thành phần cân bằng nước chủ yếu trong điều kiện biến đổi khí hậu, đặc biệt là đã chứng minh được khả năng triệt giảm của dòng chảy khi nhiệt độ tăng lên. Trên cơ sở phát triển những nghiên cứu lý thuyết, đã áp dụng vào một trường hợp cụ thể để định lượng mức giảm của dòng chảy trong một lưu vực sông miền núi trong vùng nhiệt đới ẩm. Kết quả thu được cũng phù hợp với nghiên cứu trước đây của chúng tôi khi sử dụng mô hình toán USDAHL để đánh giá tác động của biến đổi khí hậu tới dòng chảy sông nhỏ [4, 6].

Tuy nhiên, những kết quả này còn có những hạn chế:

(1) Phải dựa trên giả định rằng các biến nhiệt độ (T) và lượng mưa (P) là độc lập. Trên thực tế, các thành phần này không phải là những biến độc lập. Chẳng hạn, theo IPCC, khi nhiệt độ tăng lên thì lượng mưa có xu thế tăng ở vùng vĩ độ thấp và có xu thế giảm ở vùng vĩ độ cao.

(2) Phương trình TURC chứa đựng tham số $I = f(T)$ và chỉ được xác định qua thống kê mang tính kinh nghiệm (dưới dạng một hàm đa thức bậc ba). Do đó, còn cần phải được kiểm chứng đầy đủ hơn.

Tài liệu tham khảo

1. **Turc, L.** Estimation of irrigation water requirements, potential evapotranspiration: a simple climatic formula evolved up to date. *Annals of Agronomy* 12, 1961, 13 - 14.
2. **Liu, C.M.** An analysis of water balance and water resources in China. *Proceedings of the National Hydrological Conference, Geographical Society of China, Science Press, Beijing, 1985, 113 - 119.*
3. **Johnson, R.C., Blackie, J.R. and Hudson, J.A.** Methods of estimating precipitation inputs to the Balquhider experimental basins, Scotland, *IAHS Publication N° 193, 1990, 7 - 14.*
4. **Vũ Văn Tuấn.** Đánh giá tác động của biến đổi khí hậu tới quá trình dòng chảy sông nhỏ. Báo cáo tại Hội thảo khu vực "Biến đổi khí hậu và tác động của chúng đối với môi trường sinh thái ở Đông Nam châu Á", Hà Nội, 16 - 17/11/1992.
5. **Chương trình tiến bộ KHKT cấp Nhà nước 42A.** Số liệu Khí tượng Thủy văn Việt Nam. Tập 1 và tập 2. Hà Nội, 1989.
6. **Vu Van Tuan.** Evaluation of the impact of deforestation to inflow regime of the Hoa Binh Reservoir in Viet Nam. *Hydrology of Warm Humid Regions, JOHN STUART GLADWELL (editor), IAHS Publication N° 216 (Proceedings of the International Symposium held at Yokohama, Japan, 13 - 15 July 1993).*