

## Biên soạn "sổ tra cứu bức xạ mặt trời trên lãnh thổ Việt Nam"

PTS. TRẦN HUY KHANG  
Viện Khí tượng Thủy văn

Nhiệm vụ biên soạn sổ tra cứu bức xạ mặt trời được đề xuất do nhu cầu triển khai kỹ thuật sử dụng năng lượng mặt trời ở nước ta để phục vụ phát triển kinh tế, cải thiện dân sinh. Hiện nay không chỉ các nước đã phát triển cao mà cả những nước đang phát triển, không chỉ những nước nghèo các nhiên liệu hóa thạch mà cả những nước dồi dào dầu lửa, khí đốt đều có nhiều cố gắng tăng cường khai thác năng lượng bức xạ mặt trời. Nhiều loại thiết bị, phương tiện sử dụng năng lượng bức xạ mặt trời đã được chế tạo và đưa vào hoạt động trong đời sống thực tiễn. Năng lượng bức xạ mặt trời có thể được sử dụng như là một nguồn năng lượng thay thế các nguồn năng lượng khác hoặc như là một nguồn năng lượng bổ trợ để tiết kiệm các nguồn năng lượng khác. Hiệu quả kinh tế của việc sử dụng năng lượng bức xạ mặt trời không chỉ phụ thuộc vào tính năng, hiệu suất của các máy móc thiết bị mặt trời mà còn phụ thuộc vào các đặc điểm về chế độ bức xạ mặt trời ở mỗi nơi. Để cho việc thiết kế hoặc lựa chọn các thiết bị này cũng như việc áp dụng chúng được hợp lý và đạt hiệu quả cao người ta cần phải chú ý đến các đặc điểm về chế độ bức xạ mặt trời ở từng vùng.

Nói chung, để dự tính được thời gian hoạt động hữu hiệu của các hệ thống thiết bị mặt trời, năng suất và hiệu quả kinh tế của chúng, người ta cần biết các giá trị trung bình của các yếu tố bức xạ mặt trời, khả năng biến động của chúng và cả thông tin về những yếu tố khí tượng khác có ảnh hưởng đến hiệu suất của các thiết bị này.

Trong bước đầu phát triển kỹ thuật mặt trời ở Việt Nam, Ban Chủ nhiệm chương trình năng lượng mới (chương trình 52C) nhận thấy trong công tác thiết kế, qui hoạch sử dụng các thiết bị mặt trời các nhà kỹ thuật và kinh tế cần tham khảo các giá trị trung bình và cực đại của tổng xạ, trực xạ, tán xạ, số giờ nắng, nhiệt độ không khí, độ ẩm không khí ở từng nơi, trong từng tháng trên đất nước ta. Đáp ứng yêu cầu này chúng tôi đã biên soạn một sổ tra cứu bức xạ mặt trời trên lãnh thổ Việt Nam dựa trên các số liệu quan trắc nhiều năm của hàng loạt trạm khí tượng suốt từ bắc chí nam nước ta.

Trong sổ này đã trình bày 14 hạng mục số liệu sau đây :

1. Cường độ tổng xạ trung bình và lớn nhất trung bình ở từng kỳ quan trắc.

2. Cường độ tán xạ trung bình và lớn nhất trung bình ở từng kỳ quan trắc.

3. Cường độ trực xạ trung bình và lớn nhất trung bình ở từng kỳ quan trắc trên mặt phẳng nằm ngang.

4. Cường độ trực xạ trung bình và lớn nhất trung bình ở từng kỳ quan trắc trên mặt phẳng thẳng góc với tia mặt trời xét riêng khi có nắng.

5. Lượng tổng xạ cả ngày trung bình và lớn nhất trung bình.

6. Lượng tán xạ cả ngày trung bình.

7. Lượng trực xạ cả ngày trung bình trên mặt phẳng nằm ngang.

8. Lượng tổng xạ cả ngày trung bình ở đỉnh khí quyển.

9. Lúc mặt trời mọc và lặn.

10. Độ dài ban ngày trung bình (hay số giờ nắng lý thuyết).

11. Thời gian nắng trong từng đoạn giờ ban ngày cả tháng.

12. Số giờ nắng cả tháng trung bình và lớn nhất.

13. Nhiệt độ không khí trung bình, thấp nhất trung bình và cao nhất trung bình.

14. Độ ẩm tương đối của không khí trung bình và thấp nhất trung bình.

Chế độ bức xạ mặt trời được phản ánh chủ yếu bằng các số liệu bức xạ và nắng. Nhưng các số liệu nhiệt độ và độ ẩm không khí cũng được đưa ra nhằm cho biết điều kiện môi trường hoạt động của các thiết bị mặt trời.

Các hạng mục số liệu kể trên đều được tính cụ thể cho từng trạm (hoặc từng vĩ độ) theo từng tháng trong năm. Các đơn vị đo cường độ bức xạ và tổng lượng bức xạ đều được chuyển sang hệ SI đã phổ biến trong khoa học kỹ thuật ngày nay: cường độ bức xạ biểu diễn bằng  $W/m^2$ , tổng lượng bức xạ biểu diễn bằng  $J/m^2$ .

Sở tra cứu này tập hợp số liệu của 112 trạm phân bố từ vĩ độ  $22,49^\circ B$  (trạm Hà Giang) đến vĩ độ  $8,42^\circ B$  (trạm Côn Đảo); trong đó, 65 trạm ở độ cao dưới 100m, 7 trạm ở độ cao trên 1000m, 4 trạm ở hải đảo. Trong số 112 trạm này chỉ có 18 trạm có máy đo bức xạ.

Do hoàn cảnh lịch sử của đất nước, thời kỳ quan trắc của các trạm không đồng nhất, song nói chung, các chuỗi số liệu quan trắc có hệ thống và dài trên 10 năm (trong khoảng 1961 đến 1985).

Các số liệu đưa vào sở tra cứu đã được chỉnh lí, khử bỏ các sai lầm để bảo đảm tính chuẩn xác của số liệu. Từ khi thành lập Nha Khí tượng đến nay các số liệu nhiệt độ và độ ẩm không khí đã được chỉnh lí nhiều lần bởi nhiều người khác nhau. Khi lấy số liệu nhiệt độ và độ ẩm không khí đưa vào sở này chúng tôi đã sử dụng các số liệu trong khí hậu chí của Viện KTTV do PTS Nguyễn Trọng Hiệu biên soạn gần đây nhất.

Trong quá trình chỉnh lí số liệu bức xạ và nắng chúng tôi đã kiểm tra tính đồng nhất của các chuỗi số liệu này.

Để có thể nhận được các giá trị chuẩn xác của các đặc trưng bức xạ cần phải bảo đảm cho các chuỗi số liệu quan trắc bức xạ được đồng nhất. Trong thực tế, các chuỗi số liệu quan trắc bức xạ nhiều năm có thể bị bất đồng nhất do những nguyên nhân sau đây:

- Thay đổi địa điểm quan trắc
- Thay đổi phương pháp quan trắc và các kỹ quan trắc
- Thay đổi kiểu máy đo
- Khuyết tật của quan trắc viên.

Thời điểm nảy sinh bất đồng nhất, tức là thời điểm xảy ra sự biến đổi nhảy vọt của các giá trị bức xạ thường khó có thể xác định được bởi vì các dao động của giá trị bức xạ từ năm này sang năm khác khá lớn và có thể vượt quá độ lớn của bước nhảy vọt. Do đó khi phân tích các số liệu phải căn cứ vào lịch sử trạm để xác định xem có xảy ra những sự thay đổi về địa điểm quan trắc, cách đặt máy đo, chất lượng máy đo, phương pháp quan trắc, v.v. hay không. Phát hiện sự bất đồng nhất trong các số liệu quan trắc bức xạ là một việc khó khăn bởi vì mạng lưới trạm bức xạ khá thưa, hạn chế khả năng so sánh các chuỗi số liệu của các trạm bức xạ với nhau. Do đó, để phát hiện được sự bất đồng nhất của các chuỗi số liệu quan trắc bức xạ, thường phải dựa vào việc đối chiếu các chuỗi số liệu quan trắc các yếu tố khí tượng khác nhau tại cùng một trạm. Mỗi quan hệ khá chặt chẽ giữa số giờ nắng và tổng lượng bức xạ đã được lợi dụng để phát hiện sự bất đồng nhất trong chuỗi số liệu quan trắc tổng xạ (hay trực xạ) bằng cách đối chiếu đồ thị biến trình nhiều năm của số giờ nắng với đồ thị biến trình nhiều năm của tổng lượng tổng xạ (hay trực xạ). Trong trường hợp chuỗi số liệu bức xạ bị bất đồng nhất mà chuỗi số liệu nắng vẫn bình thường thì mối quan hệ giữa 2 đường biến trình sẽ bị phá vỡ. Sự bất đồng nhất trong chuỗi số liệu nắng được phát hiện bằng cách theo dõi sự chênh lệch số giờ nắng hàng tháng hay hàng năm giữa một trạm với các trạm lân cận xem có xảy ra sự đột biến không.

Bằng phương pháp này chúng tôi đã nhận thấy chuỗi số liệu quan trắc bức xạ của trạm Qui Nhơn bị bất đồng nhất nghiêm trọng. Chuỗi số liệu này có xu thế suy giảm rõ rệt theo thời gian trong khi xu thế này không có trong chuỗi số liệu nắng của trạm đó cũng như trong các chuỗi số liệu bức xạ và nắng của các trạm xung quanh. Sau khi điều tra lại chúng tôi được biết rằng trong quá trình hoạt động nhiều năm bộ cảm ứng của máy đo bức xạ tại Qui Nhơn đã bị muối trong không khí ven biển ăn hỏng dần và cuối cùng cơ quan khí tượng của chế độ cũ ở miền Nam đã đình chỉ hoạt động của máy đo này vì số liệu không tin cậy được. Do không thể khử được tình trạng bất đồng nhất nghiêm trọng này, chúng tôi đã không đưa số liệu bức xạ của trạm Qui Nhơn vào sổ tra cứu.

Sự khác nhau giữa máy đo bức xạ đọc định thời và máy đo bức xạ tự ghi liên tục cũng dẫn đến một sự bất đồng nhất nhỏ giữa các số liệu tổng lượng bức xạ cả ngày.

Trước khi miền Nam được giải phóng các trạm bức xạ ở miền Nam đều đo bằng máy tự ghi liên tục suốt ngày trong khi các trạm bức xạ ở miền Bắc đều đo bằng máy đọc định thời, cách 3 giờ một.

Ở các trạm có máy tự ghi bức xạ liên tục suốt ngày người ta tính tổng lượng bức xạ cả ngày bằng cách qui toán trực tiếp từ giản đồ máy tự ghi.

Ở các trạm không có máy tự ghi bức xạ mà chỉ tiến hành các quan trắc định thời cách nhau 3 giờ một người ta không thể tính tổng lượng bức xạ cả

ngày cho từng ngày một mà dựa vào các giá trị trung bình cả tháng của cường độ bức xạ ở từng kỳ quan trắc để tính ra tổng lượng cả ngày trung bình cho từng tháng. Thông thường, cường độ bức xạ trung bình của từng kỳ quan trắc được xem gần đúng là giá trị trung bình cho cả tháng nếu như số lần quan trắc trong tháng vượt quá 20 lần.

Phương pháp rất thông dụng để tính tổng lượng bức xạ cả ngày trung bình theo các cường độ bức xạ trung bình của từng kỳ quan trắc là phép tích phân gần đúng theo công thức hình thang với giả thiết cường độ bức xạ trung bình biến thiên tuyến tính từ kỳ quan trắc này sang kỳ quan trắc kế cận. Tổng lượng bức xạ trong khoảng thời gian giữa 2 kỳ quan trắc kế cận nhau thì bằng diện tích hình thang có các cạnh đáy là các cường độ bức xạ trung bình ở các kỳ quan trắc, còn chiều cao là khoảng thời gian giữa 2 kỳ quan trắc này. Tổng lượng bức xạ trong khoảng thời gian từ lúc mặt trời mọc đến kỳ quan trắc đầu (hoặc từ kỳ quan trắc cuối đến lúc mặt trời lặn) bằng diện tích một tam giác có cạnh đáy là cường độ bức xạ trung bình ở kỳ quan trắc đầu (hoặc cuối) và chiều cao là khoảng thời gian từ lúc mặt trời mọc đến kỳ quan trắc đầu (hoặc từ kỳ quan trắc cuối đến lúc mặt trời lặn).

Tổng lượng bức xạ cả ngày trung bình tính theo công thức hình thang có sai khác so với giá trị tính được từ giản đồ của máy bức xạ tự ghi liên tục. So sách số liệu quan trắc bức xạ song song bằng máy tự ghi và bằng máy đọc định thời, trong 7—10 năm, ở hơn 50 trạm của Liên Xô nằm trong khoảng từ  $40^{\circ}$  đến  $70^{\circ}$ B, người ta đã tìm được hệ số hiệu chỉnh k cho tổng xạ và trực xạ trong những ngày có mây và trong những ngày không mây [3]. Hệ số hiệu chỉnh k này là tỉ số giữa các giá trị tổng lượng bức xạ lấy theo máy tự ghi và lấy bằng phương pháp hình thang theo các kỳ quan trắc định thời. Theo các kết quả tính được ở Liên Xô thì về mùa hè đối với tổng xạ từ vĩ độ  $55^{\circ}$  xuống vĩ độ  $40^{\circ}$ B giá trị k tăng từ  $1,02 \div 1,03$  đến  $1,03 \div 1,04$  cho những ngày có mây và tăng từ  $1,01 \div 1,02$  đến  $1,05 \div 1,07$  cho những ngày không mây. Tuy nhiên, sự khác nhau này còn nằm trong phạm vi sai số xác định hệ số k bởi vì độ lệch quân phương  $\sigma_k$  của hệ số k đạt tới  $0,03 \div 0,04$ .

Ở Việt Nam chưa có những trạm đủ cả 2 loại máy này hoạt động song song trong nhiều năm cho nên không có số liệu thực nghiệm để xác định hệ số hiệu chỉnh k này. Tuy nhiên, căn cứ vào những kết quả đã nghiên cứu được ở các vùng vĩ độ cao hơn nước ta có thể nhận xét rằng ở Việt Nam tổng lượng bức xạ cả ngày lấy theo công thức hình thang sẽ hơi nhỏ hơn một chút so với kết quả qui toán giản đồ máy tự ghi. Song mặt khác, trong trường hợp đo định thời, giá trị bức xạ trung bình ở mỗi kỳ quan trắc thực chất là giá trị trung bình khi trời không mưa và không sương mù, tức là hơi lớn hơn so với giá trị trung bình thật của cả tháng (bao gồm cả những khi có mưa hay sương mù) và lại làm giá trị tổng lượng bức xạ cả ngày tính theo công thức hình thang cũng hơi lớn lên. Vì có sự bù trừ đó cho nên trong sổ tra cứu chúng tôi vẫn áp dụng 2 cách tính tổng lượng bức xạ cả ngày: tính theo công thức hình thang đối với các trạm đo định thời và tính theo kết quả qui toán giản đồ đối với các trạm tự ghi. Riêng đối với trạm Sa Pa chúng tôi đã không tính tổng lượng bức xạ cả ngày trung bình cho mỗi tháng vì thường thường ở đây trong mỗi tháng chỉ thực hiện được không tới 20 lần đo cho mỗi kỳ quan trắc.

Theo kết quả nghiên cứu các chuỗi số liệu quan trắc bức xạ ở Liên Xô [2] các trị số trung bình nhiều năm của tổng xạ và trực xạ chỉ có thể xem là gần như ổn định nếu chuỗi dài được 25 - 30 năm trở nên. Ở Việt Nam chưa thể có được những chuỗi số liệu bức xạ dài như vậy; tuy nhiên các chuỗi dài nhất có thể có từ khi thành lập trạm cho đến năm 1985 đã được khai thác để tính các giá trị trung bình và cực đại của các yếu tố bức xạ ở các trạm. Nói chung, các chuỗi số liệu đã được sử dụng đều dài trên 10 năm.

Ở miền Nam chỉ sau khi được giải phóng mới thành lập những trạm đo bức xạ bằng máy đọc định thời theo từng kỳ quan trắc tương tự như ở miền Bắc, cho nên thời gian quan trắc còn quá ngắn, nhưng để có tài liệu tham khảo về cường độ bức xạ ở từng kỳ quan trắc, chúng tôi cũng đã chọn đưa vào số tra cứu những trạm có chuỗi số liệu dài được 4 - 5 năm. Đó là các trạm; Đà Nẵng, Đà Lạt, Cần Thơ.

Theo kinh nghiệm của các chuyên gia khí tượng quốc tế, [5] trong thực tế, tùy theo từng công việc, người ta có thể sử dụng các số liệu bức xạ có độ chính xác khá khác nhau. Nhằm mục đích nghiên cứu sự truyền bức xạ trong khí quyển và các hiệu ứng của môi trường cũng như nghiên cứu xu thế biến thiên bức xạ mặt trời trong thế kỷ thì cần phải dùng các số liệu bức xạ có độ chính xác rất cao, sai số không quá 5%. Để lập các dự báo ngắn hạn về bức xạ mặt trời, người ta không đòi hỏi số liệu bức xạ phải chính xác nhiều lắm, sai số có thể khoảng từ 5 đến 15%. Để đánh giá hiệu suất của các bộ thu góp năng lượng trong các thiết bị mặt trời người ta cần dùng các số liệu bức xạ có sai số không quá 15%. Còn để đáp ứng các mục đích thiết kế kỹ thuật như thiết kế các thiết bị mặt trời thì tùy theo từng yêu cầu thiết kế và tùy theo tính biến động tự nhiên của yếu tố bức xạ người ta có thể dùng các số liệu bức xạ có sai số từ 15 đến 25%.

Muốn đánh giá xem chuỗi số liệu quan trắc bức xạ cần phải dài độ bao nhiêu năm để cho sai số của giá trị trung bình không vượt quá mức cho phép, người ta có thể dựa vào các công thức tính độ lệch quân phương [4]:

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{(x-\bar{x})^2}{N-1}} \quad \text{và} \quad \sigma_{\bar{x}} \approx \frac{\sigma_x}{N} \sqrt{\frac{1+r}{1-r}} \approx 1,5 \frac{\sigma_x}{\sqrt{N}}$$

trong đó  $x$  là yếu tố khí tượng được xét,

$\bar{x}$  là giá trị trung bình của  $x$ ,

$N$  là số năm quan trắc,

$\sigma_x$  là độ lệch quân phương của  $x$

$\sigma_{\bar{x}}$  là độ lệch quân phương của  $\bar{x}$

$r$  là hệ số tương quan giữa các số đo của 2 ngày kế tiếp nhau. Chúng tôi lấy 2 trạm có số liệu quan trắc tương đối tốt nhất và dài nhất là Lạng (tiêu biểu cho các trạm bức xạ ở miền Bắc) và Tân Sơn Nhất (tiêu biểu cho các trạm bức xạ ở miền Nam) để đánh giá số năm quan trắc cần thiết nếu mức sai số tương đối của giá trị trung bình là  $\delta \leq 25\%$  và  $\delta \leq 15\%$  với  $\delta$  tính theo công thức:

$$\delta = \frac{\sigma \bar{x}}{\bar{x}} \approx \frac{1,5 \sigma x}{\bar{x} \sqrt{N}}$$

trong đó  $\sigma x/\bar{x}$  thường được gọi là biến suất của x.

Với biến suất của cường độ tổng xạ Q lúc 12h 30/ph tại Láng như sau

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
0,58	0,67	0,71	0,60	0,39	0,42	0,37	0,40	0,42	0,42	0,41	0,43

(trong đó những tháng có biến suất lớn chính là những tháng có  $\bar{Q}$  nhỏ hơn các tháng khác) ta suy ra số năm quan trắc tối thiểu  $N_{\min}$  ở Láng ứng với sai số

tương đối của cường độ tổng xạ trung bình  $\sigma = \frac{\sigma \bar{Q}}{\bar{Q}} \leq 25\%$  và  $\sigma = \frac{\sigma \bar{Q}}{\bar{Q}} \leq 15\%$  sẽ như sau:

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
với $\delta \leq 25\%$	12	16	18	13	5	6	5	6	6	6	6	7
với $\delta \leq 15\%$	33	44	51	36	15	18	14	16	18	17	16	18

Với biến suất của lượng tổng xạ cả ngày  $Q_d$  tại Tân Sơn Nhất là:

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
0,23	0,20	0,18	0,19	0,30	0,28	0,30	0,28	0,29	0,26	0,24	0,21

(trong đó những tháng có biến suất nhỏ chính là những tháng có  $\bar{Q}_d$  lớn hơn các tháng khác) suy ra số năm quan trắc tối thiểu  $N_{\min}$  ở Tân Sơn Nhất ứng với sai số tương đối của lượng tổng xạ cả ngày trung bình

$\delta = \frac{\sigma \bar{Q}_d}{\bar{Q}_d} \leq 25\%$  và  $\delta = \frac{\sigma \bar{Q}_d}{\bar{Q}_d} \leq 15\%$  sẽ như sau:

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
với $\delta \leq 25\%$	2	1	1	1	3	3	3	3	3	2	2	2
với $\delta \leq 15\%$	5	4	3	4	9	8	9	8	8	7	6	4

Láng có quan trắc bức xạ định thời từ năm 1960 đến nay; Tân Sơn nhất có máy tự ghi bức xạ hàng ngày từ năm 1964 đến 1975. Như vậy số năm quan trắc đã có của Láng thỏa mãn được yêu cầu  $\delta \leq 25\%$  cho tất cả các tháng trong

năm và cũng đáp ứng được yêu cầu  $\delta \leq 15\%$  cho các tháng từ tháng V trở đi, song số năm quan trắc còn chưa đủ cho các tháng I - IV. Số năm quan trắc đã có của Tân Sơn Nhất hoàn toàn đủ đảm bảo thực hiện các yêu cầu  $\delta \leq 25\%$  và  $\delta \leq 15\%$  cho mọi tháng trong năm.

Số giờ nắng được tổng kết trình bày thành 2 bảng: tổng số giờ nắng tính cho cả tháng và tổng số giờ nắng ứng với mỗi thời đoạn ban ngày. Đối với một số trạm những con số tổng kết về số giờ nắng của 2 bảng này có khi không thật hoàn toàn trùng hợp với nhau mặc dù không có sai lệch lớn. Nguyên nhân là trong quá trình hoạt động nhiều năm của hệ thống trạm khí tượng các số liệu tổng số giờ nắng cả tháng thường được theo dõi ghi chép đầy đủ còn các số liệu về thời gian nắng trong từng thời đoạn ban ngày có những chỗ bị thiếu hụt, thất lạc không truy cứu được.

Để đảm bảo cho số liệu được đồng nhất chúng tôi chỉ sử dụng các số liệu đo nắng bằng loại máy tiêu chuẩn hiện nay: nhật quang ký Campbell-Stokes. Đối với một số rất ít trạm chúng tôi cũng dùng số liệu đo nắng bằng nhật quang ký Jordan vì kết quả đo của hai loại máy này khác nhau không đáng kể. (Nhật quang ký Campbell - Stokes ghi nhận có nắng khi cường độ trực xạ trên mặt phẳng thẳng góc với tia mặt trời  $\geq 140W/m^2$ ). Chúng tôi đã không dùng các số liệu đo nắng thời Pháp thuộc bằng các phương tiện khác vì không thể hiệu chỉnh được chúng.

Nhìn chung, nội dung số tra cứu này còn đơn giản song nó có thể đáp ứng được những yêu cầu về thiết kế và qui hoạch trong bước đầu phát triển kỹ thuật sử dụng năng lượng mặt trời ở nước ta. Hy vọng số tra cứu này sẽ có thể ra mắt độc giả trong một ngày gần đây.

### Tài liệu tham khảo

1. Trần Huy Khang. Số tra cứu bức xạ mặt trời trên lãnh thổ Việt Nam - Hà Nội, 1989 (tài liệu đánh máy).
2. Z.I.Pivarova. Về thời đoạn lấy trung bình và sai số trung bình của các đại lượng cấu thành cân cân bức xạ - Công trình của Đài Vật lý địa cầu trung ương số 303/1973 (tiếng Nga).
3. Z.I.Pivarova, MD Vorkina. Nghiên cứu về đồng nhất các dãy số liệu quan trắc bức xạ và khả năng kéo dài chúng. Công trình của Đài Vật lý địa cầu trung ương số 179, 1965 (tiếng Nga).
4. Z.I. Pivarova. Các đặc trưng bức xạ của khí hậu Liên Xô - NXB Lenin grát, 1977 (tiếng Nga).
5. Meteorological aspects of the utilisation of solar radiation as an energy source - WMO Tech. Note N°172 Geneva, 1981.