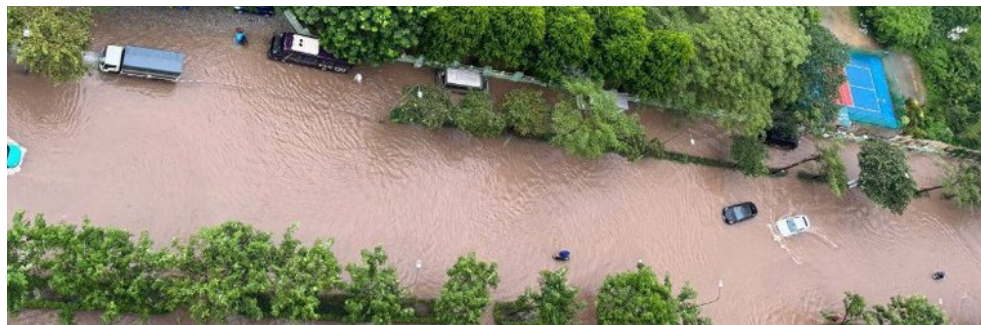


CÁC GIẢI PHÁP ĐỂ ĐÔ THỊ MIỀN NÚI TỈNH CAO BẰNG THÍCH ỨNG VỚI BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU CỰC ĐOAN

SOLUTIONS FOR MOUNTAINOUS URBAN AREAS IN CAO BANG PROVINCE TO ADAPT TO EXTREME CLIMATE CHANGE



PGS. TS. Lưu Đức Hải¹

Tóm tắt: Biến đổi khí hậu (BĐKH) cực đoan đang trở thành một trong những thách thức lớn đối với phát triển đô thị tại các khu vực miền núi ở Việt Nam. Bài báo phân tích thực trạng tác động của biến đổi khí hậu cực đoan đối với các đô thị miền núi tỉnh Cao Bằng thông qua việc tổng hợp các sự kiện thiên tai tiêu biểu trong những năm gần đây. Trên cơ sở đó, nghiên cứu đề xuất bốn nhóm giải pháp trọng tâm nhằm nâng cao khả năng chống chịu của các đô thị miền núi tỉnh Cao Bằng trước các hiện tượng khí hậu cực đoan.

Từ khóa: Biến đổi khí hậu, Cao Bằng, đô thị miền núi, thích ứng khí hậu, hạ tầng chống chịu.

Abstract: Extreme climate change has become a significant challenge for urban development in mountainous regions of Vietnam. This paper analyzes the impacts of extreme climate change on mountainous urban areas in Cao Bang Province by examining recent disaster events and their implications for urban infrastructure and planning. Based on these analyses, the paper proposes four key groups of solutions to enhance the resilience of mountainous urban areas in Cao Bang Province.

Keywords: Cao Bang, climate change adaptation, mountainous cities, resilient infrastructure, urban planning.

Nhận bài ngày 18/01/2026, chỉnh sửa ngày 20/02/2026, chấp nhận đăng ngày 30/3/2026.

I. GIỚI THIỆU

Cao Bằng là một tỉnh miền núi nằm ở vùng Đông Bắc Việt Nam với địa hình chủ yếu là núi đá vôi và các thung lũng hẹp. Hệ thống đô thị của tỉnh bao gồm thành phố Cao Bằng và nhiều thị trấn nằm dọc theo các con sông và suối lớn như sông Bằng Giang, sông Hiến và sông Quây Sơn. Do đặc điểm địa hình chia cắt mạnh và địa chất Karst phức tạp, nhiều khu vực đô thị tại Cao Bằng có nguy cơ cao đối với các hiện tượng lũ quét, sạt lở đất và ngập lụt đô thị khi xảy ra mưa lớn cực đoan.

Trong những năm gần đây, nhiều sự kiện thiên tai nghiêm trọng đã xảy ra tại tỉnh Cao Bằng và một số tỉnh miền núi khác,

gây thiệt hại lớn về người và tài sản. Các đợt mưa lớn kéo dài đã làm gia tăng nguy cơ sạt lở đất tại nhiều khu vực miền núi, trong khi các trận lũ lớn đã gây ngập sâu tại các khu vực đô thị nằm ven sông. Những hiện tượng này cho thấy nhu cầu cấp thiết phải xây dựng các chiến lược thích ứng hiệu quả nhằm giảm thiểu rủi ro thiên tai và nâng cao khả năng chống chịu của hệ thống đô thị.

Trong bối cảnh đó, việc nghiên cứu các giải pháp thích ứng với biến đổi khí hậu cho các đô thị miền núi tỉnh Cao Bằng có ý nghĩa quan trọng cả về mặt khoa học và thực tiễn. Bài báo này nhằm phân tích thực trạng tác động của biến đổi khí hậu cực đoan đối với các đô thị miền núi của tỉnh Cao Bằng, đồng thời tổng hợp các kinh nghiệm quốc tế và trong nước nhằm đề xuất các giải pháp phù hợp cho quá trình quy hoạch và phát triển đô thị bền vững.

II. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU VÀ THỰC TRẠNG TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU CỰC ĐOAN ĐẾN ĐÔ THỊ MIỀN NÚI TỈNH CAO BẰNG

2.1. Phương pháp nghiên cứu

Để đề xuất các giải pháp thích ứng với biến đổi khí hậu cực đoan cho các đô thị miền núi tỉnh Cao Bằng, nghiên cứu sử dụng kết hợp nhiều phương pháp nghiên cứu khác nhau, bao gồm phân tích thực trạng, nghiên cứu điển hình, so sánh đối chiếu và tổng hợp ý kiến chuyên gia.

Thứ nhất, phương pháp phân tích và đánh giá thực trạng được sử dụng nhằm xác định mức độ và đặc điểm tác động của biến đổi khí hậu cực đoan đối với tỉnh Cao Bằng. Tác giả tiến hành phân tích các hiện tượng khí hậu cực đoan đã xảy ra trong những năm gần đây như mưa lớn cục bộ, ngập lụt đô thị, lũ quét, sạt lở đất và các đợt rét đậm rét hại.

Thứ hai, phương pháp nghiên cứu điển hình (case study) được áp dụng nhằm phân tích các mô hình thích ứng với biến đổi khí hậu đã được triển khai thành công tại một số quốc gia có điều kiện địa hình tương đồng. Trong nghiên cứu này, các kinh nghiệm quốc

¹ Viện trưởng Viện Nghiên cứu đô thị và Phát triển hạ tầng

tế từ Thụy Sĩ và Áo (khu vực dãy Alps) cũng như Nhật Bản được xem xét nhằm làm rõ các giải pháp quy hoạch và hạ tầng kỹ thuật trong kiểm soát lũ quét, lũ bùn đá và sạt lở đất [1], [3], [5]. Đồng thời, nghiên cứu cũng phân tích các kinh nghiệm thực tiễn từ một số tỉnh miền núi tại Việt Nam như Lào Cai, Yên Bái và Lâm Đồng (thành phố Đà Lạt), nơi đã triển khai nhiều mô hình phát triển đô thị thích ứng với biến đổi khí hậu [11], [14], [15].

Thứ ba, phương pháp so sánh và đối chiếu được sử dụng nhằm đánh giá sự khác biệt về đặc điểm địa hình, nguyên nhân gây ngập lụt và các giải pháp hạ tầng ưu tiên giữa các khu vực nghiên cứu. Thông qua việc xây dựng các bảng so sánh giữa các địa phương, ví dụ như giữa các tỉnh miền núi phía Bắc (Lào Cai, Yên Bái) và khu vực cao nguyên (Lâm Đồng), nghiên cứu làm rõ các yếu tố ảnh hưởng đến hiệu quả của từng nhóm giải pháp. Trên cơ sở đó, tác giả đánh giá khả năng áp dụng các mô hình thích ứng quốc tế vào điều kiện tự nhiên và phát triển đô thị của tỉnh Cao Bằng [7], [9].

Thứ tư, phương pháp chuyên gia và đề xuất giải pháp được sử dụng nhằm tổng hợp các kết quả phân tích và đưa ra các định hướng chiến lược cho quá trình thích ứng với biến đổi khí hậu tại Cao Bằng.

Thông qua việc kết hợp các phương pháp nghiên cứu trên, bài báo hướng tới việc xây dựng một khung phân tích tổng hợp nhằm đề xuất các giải pháp thích ứng với biến đổi khí hậu phù hợp với điều kiện tự nhiên và định hướng phát triển đô thị của tỉnh Cao Bằng.

2.2. Lũ lụt và ngập lụt đô thị

Do đặc điểm tự nhiên của tỉnh, tình hình lũ và ngập lụt đô thị là một trong những biểu hiện rõ rệt nhất của biến đổi khí hậu cực đoan tại tỉnh Cao Bằng. Khi xảy ra các trận mưa lớn với cường độ cao trong thời gian ngắn, nước mưa từ các sườn núi dốc đổ xuống nhanh chóng làm gia tăng lưu lượng dòng chảy trong các con sông và suối.

Trong những năm gần đây, nhiều trận lũ lớn đã gây ngập sâu tại thành phố Cao Bằng và các khu vực đô thị lân cận. Một trong những sự kiện đáng chú ý là đợt mưa lũ do bão Yagi vào tháng 9 năm 2024, khi mực nước sông Bằng Giang tại trạm thủy văn Cao Bằng vượt mức báo động III hơn 1 m. Nhiều tuyến phố trung tâm của thành phố Cao Bằng bị ngập sâu, giao thông bị tê liệt và nhiều khu dân cư bị cô lập trong nhiều giờ.

Hiện tượng này cho thấy hệ thống thoát nước đô thị hiện nay chưa đủ khả năng đáp ứng các trận mưa cực đoan có cường độ lớn. Khi lượng mưa vượt quá khả năng tiêu thoát của hệ thống cống thoát nước, nước mưa sẽ tích tụ tại các khu vực trũng thấp, gây ngập úng kéo dài.

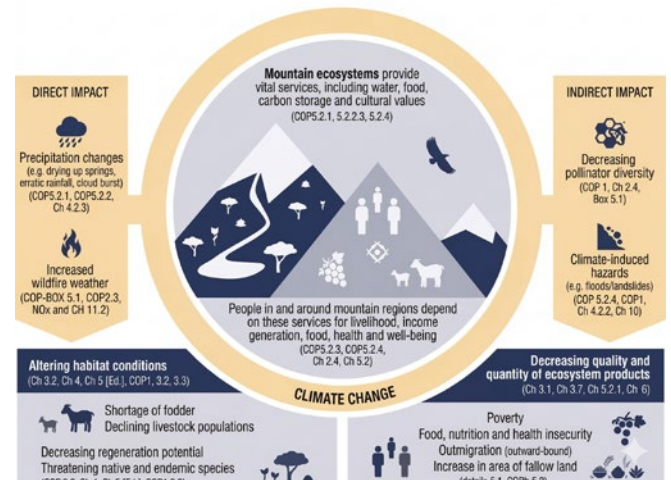
Các nghiên cứu quốc tế cho thấy hiện tượng mưa cực đoan có xu hướng gia tăng do tác động của biến đổi khí hậu toàn cầu. Điều này khiến các đô thị miền núi cần phải có các giải pháp quy hoạch và hạ tầng phù hợp để thích ứng với các hiện tượng khí hậu cực đoan trong tương lai [4].

2.3. Sạt lở đất và lũ bùn đá

Sạt lở đất là một trong những loại hình thiên tai nguy hiểm nhất tại các khu vực miền núi. Khi mưa lớn kéo dài, nước mưa

thấm vào các lớp đất đá trên sườn núi làm giảm độ ổn định của mái dốc, từ đó dẫn đến hiện tượng trượt lở đất.

Trong đợt thiên tai tháng 9 năm 2024, nhiều khu vực tại huyện Nguyên Bình đã xảy ra các vụ sạt lở đất nghiêm trọng, làm hư hỏng nhiều công trình hạ tầng và gây thiệt hại lớn về kinh tế. Các nghiên cứu về kiểm soát lũ bùn đá tại Nhật Bản cho thấy việc xây dựng các công trình đập SABO tại các khe suối dốc có thể giúp giảm đáng kể nguy cơ lũ bùn đá và bảo vệ các khu vực đô thị phía hạ lưu [3].



Hình 1. Minh họa hệ thống phòng chống lũ bùn đá tại các đô thị miền núi (áp dụng mô hình SABO)

Ngoài lũ lụt và sạt lở đất, các đô thị miền núi tỉnh Cao Bằng còn phải đối mặt với nhiều hiện tượng thời tiết cực đoan khác như rét đậm, rét hại, mưa đá và dông lốc. Các nghiên cứu của Cơ quan Môi trường Châu Âu cho thấy các hiện tượng thời tiết cực đoan này có xu hướng gia tăng do tác động của biến đổi khí hậu toàn cầu [6].

III. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Kinh nghiệm quốc tế

Các quốc gia có địa hình miền núi phát triển như Thụy Sĩ, Áo và Nhật Bản đã triển khai nhiều chiến lược thích ứng với biến đổi khí hậu nhằm giảm thiểu rủi ro thiên tai và nâng cao khả năng chống chịu của các đô thị. Những kinh nghiệm này đặc biệt có giá trị tham khảo đối với các đô thị miền núi tại Việt Nam, trong đó có tỉnh Cao Bằng.

Các chiến lược thích ứng tại những quốc gia này thường kết hợp giữa quy hoạch không gian, phát triển hạ tầng kỹ thuật chống chịu, quản lý rủi ro thiên tai và ứng dụng công nghệ giám sát – cảnh báo sớm. Trong đó, nhiều mô hình đã chứng minh hiệu quả trong việc giảm thiểu tác động của lũ quét, sạt lở đất và ngập lụt đô thị tại các khu vực miền núi [1], [4].

3.1.1. Kinh nghiệm của Thụy Sĩ và Áo: Mô hình phòng thủ đa tầng

Thụy Sĩ và Áo là hai quốc gia nằm trong khu vực dãy Alps, nơi có địa hình núi cao, độ dốc lớn và thường xuyên chịu tác động của các hiện tượng thiên tai như lũ quét, sạt lở đất và tuyết lở. Trước những rủi ro này, các quốc gia này đã phát triển mô hình quản lý rủi ro thiên tai được gọi là “phòng thủ đa tầng” (multi-layer defense system).

Nguyên tắc cơ bản của mô hình này là không phụ thuộc vào một giải pháp duy nhất mà kết hợp nhiều lớp bảo vệ khác nhau từ thượng nguồn đến khu vực đô thị. Các lớp bảo vệ này bao gồm:

Lớp phòng ngừa tại thượng nguồn, thông qua việc xây dựng các hồ điều tiết nhỏ, đập ngăn bùn đá và trồng rừng phòng hộ nhằm giảm tốc độ dòng chảy của nước mưa và ổn định mái dốc.

Lớp bảo vệ hạ tầng đô thị, thông qua việc xây dựng các hành lang thoát lũ, kè sinh thái và các công trình chống chịu lũ tại khu vực đô thị.

Lớp quản lý rủi ro và cảnh báo sớm, thông qua việc xây dựng hệ thống giám sát mực nước, cảm biến địa chất và bản đồ nguy cơ thiên tai chi tiết.

Một trong những giải pháp nổi bật của các quốc gia này là chiến lược “dành không gian cho sông”, trong đó các khu vực ven sông được quy hoạch thành công viên, bãi đỗ xe hoặc sân thể thao có thể chấp nhận ngập tạm thời khi xảy ra lũ lớn. Điều này giúp giảm áp lực cho hệ thống đê và hạn chế thiệt hại đối với các khu dân cư [1], [4].



Hình 2. Minh họa mô hình phòng thủ đa tầng và hành lang thoát lũ tại các đô thị miền núi vùng Alps

Việc áp dụng mô hình phòng thủ đa tầng đã giúp nhiều đô thị tại Thụy Sĩ và Áo giảm đáng kể thiệt hại do lũ quét và sạt lở đất. Nhiều nghiên cứu cho thấy các thành phố áp dụng mô hình này có thể giảm thiểu thiệt hại kinh tế do thiên tai tới 30–50% so với các đô thị không có hệ thống phòng thủ tích hợp [4].

Đối với tỉnh Cao Bằng, mô hình này có thể được tham khảo trong quá trình quy hoạch các khu vực ven sông và các thung lũng đô thị nhằm tạo ra các không gian chứa lũ tạm thời và giảm áp lực cho hệ thống thoát nước đô thị.

Bảng 1. So sánh khả năng áp dụng mô hình Thụy Sĩ – Áo cho đô thị miền núi Cao Bằng

Tiêu chí	Mô hình tại Thụy Sĩ, Áo	Khả năng áp dụng tại Cao Bằng
Bản đồ rủi ro	Rất chi tiết, cập nhật liên tục	Cần đầu tư dữ liệu địa chất và khí tượng thủy văn số
Công trình	Đập ngăn bùn đá, kè sinh thái	Phù hợp với các khe suối xung quanh TP. Cao Bằng cũ và các thị trấn cũ
Hành lang lũ	Tận dụng không gian công cộng	Khó khăn do quỹ đất đô thị miền núi hạn hẹp, cần quy hoạch lại từ đầu
Nhận thức	Người dân tự bảo vệ tài sản cá nhân	Cần các chiến dịch truyền thông và hướng dẫn kỹ thuật xây nhà chống lũ

3.1.2. Kinh nghiệm Nhật Bản: Công nghệ SABO

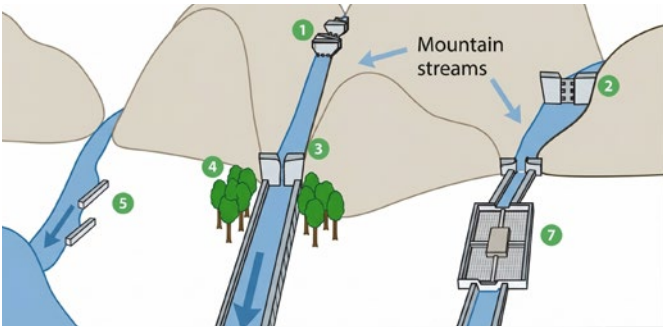
Nhật Bản là quốc gia có nhiều kinh nghiệm trong việc kiểm soát lũ bùn đá và sạt lở đất tại các khu vực miền núi. Một trong những giải pháp nổi bật của quốc gia này là hệ thống SABO, được phát triển từ đầu thế kỷ XX và liên tục được cải tiến trong nhiều thập kỷ qua.

Thuật ngữ SABO trong tiếng Nhật có nghĩa là “phòng chống bùn cát”. Hệ thống SABO bao gồm các công trình kỹ thuật được xây dựng tại các khe suối dốc nhằm kiểm soát sự di chuyển của đất đá khi xảy ra mưa lớn hoặc lũ quét [3].

Các công trình SABO thường bao gồm:

- Đập SABO kín, có nhiệm vụ giữ lại khối lượng lớn đất đá và giảm độ dốc của dòng chảy.
- Đập SABO hở, cho phép nước và bùn cát nhỏ đi qua nhưng giữ lại các khối đá lớn và thân cây.

Hệ thống tường chắn và neo đất, giúp ổn định mái dốc tại các khu vực có nguy cơ sạt lở cao.



Hình 3. Minh họa về công nghệ SABO tại Nhật Bản, một giải pháp kỹ thuật hàng đầu thế giới để bảo vệ các đô thị miền núi khỏi lũ bùn đá và sạt lở đất do biến đổi khí hậu cực đoan [3]

Ngoài các công trình kỹ thuật, Nhật Bản còn xây dựng hệ thống bản đồ nguy cơ sạt lở đất với độ chi tiết rất cao. Các khu vực có nguy cơ thiên tai được phân thành nhiều cấp độ khác nhau, từ đó đưa ra các quy định về xây dựng và sử dụng đất phù hợp.

Kinh nghiệm của Nhật Bản cho thấy việc kết hợp giữa các công trình kỹ thuật, quy hoạch sử dụng đất và hệ thống cảnh báo sớm có thể giúp giảm đáng kể thiệt hại do thiên tai tại các khu vực miền núi [3].

3.2. Kinh nghiệm tại Việt Nam

Trong những năm gần đây, nhiều địa phương tại Việt Nam đã triển khai các chương trình phát triển đô thị thích ứng với biến đổi khí hậu. Trong đó, các tỉnh miền núi như Lào Cai, Yên Bái và Lâm Đồng được xem là những địa phương tiên phong trong việc áp dụng các giải pháp thích ứng với thiên tai.

3.2.1. Tỉnh Lào Cai

Lào Cai là một trong những tỉnh miền núi thường xuyên chịu ảnh hưởng của lũ quét và sạt lở đất. Trong những năm gần đây, tỉnh đã triển khai nhiều dự án hạ tầng nhằm nâng cao khả năng chống chịu của hệ thống đô thị.

Một trong những dự án quan trọng là hệ thống kè chống ngập ven sông Hồng tại thành phố Lào Cai, kết hợp với việc nâng cao trình độ các tuyến đường ven sông. Hệ thống này không chỉ có chức năng chống lũ mà còn được sử dụng như một tuyến giao thông đô thị [7].



Hình 4. Minh họa giải pháp hạ tầng thích ứng với BĐKH tại Lào Cai - hệ thống kè sông đa mục tiêu bảo vệ thành phố (Nguồn: Ban Quản lý Dự án ODA tỉnh Lào Cai, 2021)

3.2.2. Tỉnh Yên Bái

Tại tỉnh Yên Bái, các giải pháp thích ứng với biến đổi khí hậu tập trung vào việc cải tạo các hồ sinh thái và suối tự nhiên nhằm tăng khả năng điều tiết nước mưa trong đô thị.

Dự án Phát triển đô thị động lực thành phố Yên Bái đã triển khai việc cải tạo hồ Nam Cường và các suối nội đô nhằm tạo ra các vùng chứa nước tạm thời khi xảy ra mưa lớn. Các hồ này đồng thời được kết hợp với công viên sinh thái và không gian công cộng [11].



Hình 5. Minh họa giải pháp thích ứng với BĐKH tại tỉnh Yên Bái, tiêu biểu là hệ thống hồ điều hòa kết hợp công viên sinh thái (như khu vực hồ Nam Cường) tại trung tâm thành phố Yên Bái (Nguồn: Ban Quản lý dự án đầu tư xây dựng tỉnh Yên Bái, 2023)

3.2.3. Tỉnh Lâm Đồng (thành phố Đà Lạt)

Thành phố Đà Lạt là đô thị miền núi có nhiều đặc điểm tương đồng với các đô thị tại Cao Bằng. Trong bối cảnh biến đổi khí hậu, chính quyền địa phương đã triển khai nhiều giải pháp nhằm kiểm soát ngập lụt và sạt lở đất.

Một trong những giải pháp quan trọng là phát triển hệ thống hồ điều hòa và bảo vệ rừng thông nội đô nhằm tăng khả năng điều tiết nước mưa và ổn định môi trường sinh thái đô thị.



Hình 6. Minh họa về các giải pháp hạ tầng thích ứng với biến đổi khí hậu tại thành phố Đà Lạt, tập trung vào hệ thống hồ điều hòa và cảnh quan thoát lũ (Nguồn: UBND tỉnh Lâm Đồng, 2023)

Bảng 2: So sánh giải pháp của Lâm Đồng với các tỉnh miền núi phía Bắc (Lào Cai, Yên Bái)

Đặc điểm	Lào Cai / Yên Bái	Lâm Đồng (Đà Lạt)
Đối tượng bảo vệ	Ven sông lớn, thung lũng/ Đỉnh đồi, triền dốc	Hồ cao nguyên
Nguyên nhân ngập	Lũ từ sông Hồng / sông Chảy	Nước mưa không thấm được (do nhà kính)
Giải pháp chính	Kè sông, đê ngăn lũ	Hồ điều hòa, quản lý nhà kính, kè sườn dốc
Hạ tầng ưu tiên	Đê, đập Sabo	Hệ thống thoát nước tách biệt, rừng thông

3.3. Các giải pháp đề xuất cho các đô thị miền núi tỉnh Cao Bằng

Từ việc phân tích thực trạng tác động của biến đổi khí hậu cực đoan tại tỉnh Cao Bằng và tổng hợp các kinh nghiệm quốc tế cũng như trong nước, có thể thấy rằng việc thích ứng với biến đổi khí hậu tại các đô thị miền núi cần được tiếp cận theo hướng tổng hợp, kết hợp giữa quy hoạch đô thị, đầu tư hạ tầng kỹ thuật chống chịu, phát triển hạ tầng xanh và tăng cường quản trị rủi ro thiên tai.

Đối với tỉnh Cao Bằng, các giải pháp thích ứng cần được xây dựng trên cơ sở đặc điểm địa hình núi cao, hệ thống sông suối dốc và điều kiện địa chất Karst phức tạp. Trên cơ sở đó, nghiên cứu đề xuất bốn nhóm giải pháp chính nhằm nâng cao khả năng chống chịu của hệ thống đô thị trước các hiện tượng khí hậu cực đoan.

3.3.1. Giải pháp quy hoạch: “Dành không gian cho nước” và phân vùng rủi ro thiên tai

Quy hoạch đô thị đóng vai trò nền tảng trong chiến lược thích ứng với biến đổi khí hậu. Nếu quy hoạch không tính đến các yếu tố rủi ro thiên tai, các công trình hạ tầng kỹ thuật và khu dân cư có thể được xây dựng tại những khu vực có nguy cơ cao, dẫn đến thiệt hại nghiêm trọng khi xảy ra thiên tai.

Một trong những nguyên tắc quan trọng trong quy hoạch đô thị thích ứng với biến đổi khí hậu là chiến lược “dành không gian cho nước”. Theo nguyên tắc này, các khu vực ven sông và các vùng trũng tự nhiên không nên bị bê tông hóa hoàn toàn mà cần được quy hoạch thành các không gian mở như công viên, bãi đỗ xe hoặc sân thể thao. Những khu vực này có thể đóng vai trò là vùng chứa nước tạm thời khi xảy ra lũ lớn, giúp giảm áp lực cho hệ thống thoát nước đô thị [6].

Đối với tỉnh Cao Bằng, việc quy hoạch hành lang thoát lũ dọc theo các con sông như sông Bằng Giang và sông Hiến là rất cần thiết. Các khu vực ven sông cần được rà soát nhằm hạn chế tình trạng xây dựng nhà ở hoặc công trình có mật độ cao tại các khu vực có nguy cơ ngập lụt.

Bên cạnh đó, việc xây dựng bản đồ phân vùng rủi ro thiên tai là một công cụ quan trọng trong quản lý phát triển đô thị. Bản đồ này cần tích hợp các dữ liệu về địa hình, địa chất, lưu vực sông và lịch sử thiên tai nhằm xác định các khu vực có nguy cơ cao đối với lũ quét, sạt lở đất và ngập lụt. Các khu vực có nguy cơ rất cao cần được hạn chế xây dựng hoặc chuyển đổi mục đích sử dụng đất sang các chức năng ít rủi ro hơn như đất cây xanh hoặc đất nông nghiệp.

Ngoài ra, quy hoạch đô thị cũng cần chú trọng việc tăng cường diện tích mặt nước và không gian xanh nhằm cải thiện khả năng điều tiết nước mưa và giảm hiệu ứng đảo nhiệt đô thị.

3.3.2. Giải pháp hạ tầng kỹ thuật chống chịu

Bên cạnh các giải pháp quy hoạch, việc đầu tư các công trình hạ tầng kỹ thuật chống chịu là yếu tố quan trọng nhằm giảm thiểu thiệt hại do thiên tai.

Một trong những giải pháp có thể áp dụng tại tỉnh Cao Bằng là xây dựng các công trình kiểm soát lũ bùn đá tại các khe suối dốc, tương tự hệ thống SABO của Nhật Bản. Các công trình này có nhiệm vụ giữ lại đất đá và thân cây trôi dạt từ thượng nguồn, từ đó giảm thiểu nguy cơ phá hủy cầu cống và các công trình hạ tầng phía hạ lưu [3].

Ngoài ra, tại các khu vực ven sông và ven suối, cần xây dựng các hệ thống kè bảo vệ bờ sông kết hợp với đường giao thông. Các tuyến kè này không chỉ giúp bảo vệ khu vực đô thị khỏi nguy cơ xói lở mà còn có thể được sử dụng như các tuyến giao thông ven sông, góp phần cải thiện cảnh quan đô thị.

Tại các khu vực có nguy cơ sạt lở đất cao, việc áp dụng các giải pháp kỹ thuật như tường chắn, neo đất và trồng cây ổn định mái dốc có thể giúp giảm nguy cơ trượt lở đất. Các giải pháp này đã được áp dụng rộng rãi tại nhiều quốc gia miền núi và chứng minh hiệu quả trong việc bảo vệ các tuyến giao thông và khu dân cư [5].

Ngoài ra, hệ thống thoát nước đô thị cũng cần được nâng cấp nhằm đáp ứng các trận mưa cực đoan có cường độ lớn. Các tuyến cống thoát nước chính cần được thiết kế với khả năng tiêu thoát lớn hơn, đồng thời cần xây dựng các hồ điều hòa nhằm giảm tải cho hệ thống thoát nước trong thời gian mưa lớn.

3.3.3. Phát triển hạ tầng xanh và kiến trúc thích ứng

Trong những năm gần đây, khái niệm hạ tầng xanh (green infrastructure) đã được nhiều quốc gia áp dụng như một giải pháp hiệu quả nhằm thích ứng với biến đổi khí hậu. Hạ tầng xanh bao gồm các hệ sinh thái tự nhiên và các không gian xanh trong đô thị

có khả năng điều tiết nước mưa, giảm nhiệt độ và cải thiện chất lượng môi trường sống [6].

Đối với tỉnh Cao Bằng, việc phát triển hạ tầng xanh có thể bao gồm các giải pháp như:

- Bảo vệ và phục hồi rừng phòng hộ tại các khu vực thượng nguồn nhằm giảm tốc độ dòng chảy và hạn chế xói mòn đất.
- Xây dựng các hồ điều hòa trong đô thị nhằm điều tiết nước mưa và giảm nguy cơ ngập lụt.
- Phát triển các công viên sinh thái và hành lang xanh ven sông nhằm tăng khả năng hấp thụ nước mưa.
- Sử dụng vật liệu thấm nước trong lát vỉa hè và bãi đỗ xe nhằm tăng khả năng thấm nước tự nhiên.

Bên cạnh đó, các công trình kiến trúc trong đô thị miền núi cũng cần được thiết kế theo hướng thích ứng với biến đổi khí hậu. Ví dụ, các công trình nhà ở tại các khu vực có nguy cơ ngập lụt cần được thiết kế với cao trình nền cao hơn mức lũ lịch sử, trong khi các công trình tại khu vực sườn núi cần có các giải pháp gia cố nền móng phù hợp.

3.3.4. Ứng dụng công nghệ và tăng cường quản trị cộng đồng

Ngoài các giải pháp kỹ thuật và quy hoạch, việc ứng dụng công nghệ và tăng cường năng lực quản trị cộng đồng cũng đóng vai trò quan trọng trong chiến lược thích ứng với biến đổi khí hậu.

Một trong những giải pháp hiệu quả là xây dựng hệ thống cảnh báo sớm thiên tai dựa trên các cảm biến đo mưa, đo mực nước và cảm biến địa chất. Các dữ liệu từ hệ thống cảm biến có thể được truyền về trung tâm điều hành nhằm đưa ra các cảnh báo sớm cho người dân trước khi xảy ra lũ quét hoặc sạt lở đất [10].

Ngoài ra, việc phát triển các ứng dụng di động cảnh báo thiên tai cũng có thể giúp người dân tiếp cận thông tin nhanh chóng và chủ động hơn trong việc phòng tránh thiên tai.

Bên cạnh các giải pháp công nghệ, việc nâng cao năng lực của cộng đồng địa phương trong công tác phòng chống thiên tai cũng rất quan trọng. Các chương trình đào tạo và diễn tập phòng chống thiên tai cần được tổ chức thường xuyên nhằm giúp người dân nắm vững các kỹ năng ứng phó với các tình huống khẩn cấp.

Bảng 3. Tổng hợp các nhóm giải pháp thích ứng với biến đổi khí hậu cho đô thị miền núi tỉnh Cao Bằng

Nhóm giải pháp	Nội dung chính	Mục tiêu
Quy hoạch thích ứng	Hành lang thoát lũ, phân vùng rủi ro	Giảm thiệt hại do thiên tai
Hạ tầng kỹ thuật	Đập SABO, kè sông, thoát nước đô thị	Bảo vệ hạ tầng đô thị
Hạ tầng xanh	Hồ điều hòa, công viên sinh thái	Tăng khả năng điều tiết nước
Công nghệ và quản trị	Cảnh báo sớm, đào tạo cộng đồng	Nâng cao năng lực phòng chống

IV. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Biến đổi khí hậu cực đoan đang trở thành một trong những thách thức lớn đối với phát triển đô thị tại các khu vực miền núi. Các hiện tượng thiên tai như mưa lớn cục bộ, lũ quét, sạt lở đất, rét đậm rét hại và đông lạnh ngày càng gia tăng cả về tần suất và cường độ, gây ảnh hưởng nghiêm trọng đến hệ thống hạ tầng kỹ thuật và đời



Cần tiếp tục thực hiện các nghiên cứu chuyên sâu hơn về mô hình đô thị chống chịu với biến đổi khí hậu tại các khu vực miền núi

sống cư dân. Đối với tỉnh Cao Bằng – một địa phương có địa hình núi cao, chia cắt mạnh và địa chất Karst phức tạp – mức độ dễ bị tổn thương trước các hiện tượng khí hậu cực đoan càng trở nên rõ rệt.

Kết quả nghiên cứu cho thấy các đô thị miền núi của tỉnh Cao Bằng đang phải đối mặt với nhiều loại hình thiên tai khác nhau, trong đó lũ lụt đô thị, sạt lở đất và lũ bùn đá là những nguy cơ lớn nhất. Những sự kiện thiên tai trong những năm gần đây cho thấy hệ thống hạ tầng kỹ thuật hiện nay chưa đủ khả năng thích ứng với các hiện tượng thời tiết cực đoan có cường độ lớn.

Thông qua việc phân tích kinh nghiệm quốc tế từ các quốc gia có địa hình miền núi như Thụy Sĩ, Áo và Nhật Bản, nghiên cứu cho thấy việc kết hợp giữa quy hoạch không gian, phát triển hạ tầng kỹ thuật chống chịu, phát triển hạ tầng xanh và ứng dụng công nghệ cảnh báo sớm có thể giúp giảm đáng kể thiệt hại do thiên tai. Đồng thời, các kinh nghiệm thực tiễn từ các địa phương trong nước như Lào Cai, Yên Bái và Lâm Đồng cũng cho thấy các giải pháp thích ứng với biến đổi khí hậu hoàn toàn có thể được triển khai hiệu quả tại các đô thị miền núi của Việt Nam.

Trên cơ sở đó, bài báo đã đề xuất bốn nhóm giải pháp chính nhằm nâng cao khả năng chống chịu của các đô thị miền núi tỉnh Cao Bằng trước các hiện tượng khí hậu cực đoan. Các nhóm giải pháp bao gồm: (1) Quy hoạch đô thị thích ứng với thiên tai và phân vùng rủi ro; (2) đầu tư các công trình hạ tầng kỹ thuật chống chịu như đập kiểm soát lũ bùn đá, kè bảo vệ bờ sông và hệ thống thoát nước đô thị; (3) phát triển hạ tầng xanh và kiến trúc thích ứng nhằm tăng khả năng điều tiết nước mưa và cải thiện môi trường đô thị; và (4) ứng dụng công nghệ cảnh báo sớm kết hợp với tăng cường năng lực quản trị cộng đồng trong công tác phòng chống thiên tai.

Để các giải pháp này có thể được triển khai hiệu quả trong thực tiễn, cần có sự phối hợp chặt chẽ giữa các cơ quan quản lý nhà nước, các tổ chức nghiên cứu và cộng đồng địa phương. Trong quá trình lập quy hoạch đô thị và chương trình phát triển đô thị của tỉnh Cao Bằng, yếu tố biến đổi khí hậu cần được tích hợp như một nội dung quan trọng nhằm đảm bảo sự phát triển bền vững và an toàn của hệ thống đô thị.

Trong thời gian tới, cần tiếp tục thực hiện các nghiên cứu chuyên sâu hơn về mô hình đô thị chống chịu với biến đổi khí hậu tại các khu vực miền núi, đồng thời xây dựng các cơ sở dữ liệu về rủi ro thiên tai và hệ thống giám sát khí tượng – thủy văn hiện đại. Những nghiên cứu này sẽ góp phần hỗ trợ các nhà quản lý và các nhà quy hoạch trong việc đưa ra các quyết định phát triển đô thị phù hợp với bối cảnh biến đổi khí hậu ngày càng gia tăng.

Trần Hiếu (BT)

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Federal Office for the Environment (FOEN), *Federal Strategy: Adaptation to Climate Change in Switzerland*, Bern, Switzerland: FOEN, 2022.
- [2]. Austrian Federal Ministry for Climate Action, Environment, Energy, Mobility, Innovation and Technology (BMK), *The Austrian Strategy for Adaptation to Climate Change*, Vienna, Austria: BMK, 2021.
- [3]. Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism (MLIT), *Sabo in Japan: Protecting Lives and Infrastructure from Sediment-related Disasters*, Tokyo, Japan: MLIT, 2023.
- [4]. World Bank, *Resilient Infrastructure in Mountainous Regions: Lessons from the Alps and Japan*, Washington, DC, USA: World Bank, 2021.
- [5]. International Commission for the Protection of the Alps (CIPRA), *Climate Change Adaptation in the Alps: Best Practices in Flood and Landslide Management*, Schaan, Liechtenstein: CIPRA International, 2020.
- [6]. T. Mizuyama, *Structural Measures for Controlling Debris Flows and Floods in Japan (Sabo Engineering)*. Cham, Switzerland: Springer Nature, 2019.
- [7]. Swiss Agency for Development and Cooperation (SDC), *Integrated Disaster Risk Management (IDRM): The Swiss Approach to Mountain Hazards*, Bern, Switzerland: SDC, 2020.
- [8]. Ủy ban Nhân dân tỉnh Lào Cai và Ngân hàng Thế giới, *Báo cáo đánh giá tác động môi trường và xã hội: Dự án Phát triển đô thị động lực – Tiểu dự án thành phố Lào Cai*, Lào Cai, Việt Nam, 2021.
- [9]. European Environment Agency (EEA), *Nature-based Solutions for Flood Management in Mountain Areas of Europe*, Copenhagen, Denmark: EEA, 2023.
- [10]. T. Takahashi, *Debris Flow: Mechanisms, Prediction and Countermeasures*, 2nd ed. London, UK: CRC Press/Balkema, 2014.
- [11]. Ngân hàng Thế giới (World Bank), *Báo cáo đánh giá tác động môi trường và xã hội (ESIA): Dự án Phát triển đô thị động lực – Tiểu dự án thành phố Yên Bái*, Yên Bái, Việt Nam, 2019.
- [12]. Ngân hàng Thế giới (World Bank), *Báo cáo đánh giá tác động môi trường và xã hội (ESIA): Dự án Phát triển đô thị động lực – Tiểu dự án thành phố Lào Cai*, Lào Cai, Việt Nam, 2018.
- [13]. Ủy ban Nhân dân tỉnh Lào Cai, *Kế hoạch hành động ứng phó với biến đổi khí hậu tỉnh Lào Cai giai đoạn 2021–2030, tầm nhìn đến năm 2050*, Lào Cai, Việt Nam, 2021.
- [14]. Ủy ban Nhân dân tỉnh Yên Bái, *Quy hoạch chung thành phố Yên Bái và vùng phụ cận đến năm 2040: Định hướng đô thị thích ứng và bền vững*, Yên Bái, Việt Nam, 2022.
- [15]. Ủy ban Nhân dân tỉnh Lâm Đồng, *Kế hoạch hành động ứng phó với biến đổi khí hậu giai đoạn 2021–2030 trên địa bàn tỉnh Lâm Đồng*, Đà Lạt, Việt Nam, 2021.
- [16]. SNV Netherlands Development Organisation and ISET-International, *Đánh giá tính dễ bị tổn thương do biến đổi khí hậu tại thành phố Đà Lạt*, Hà Nội, Việt Nam: Nhà xuất bản Nông nghiệp, 2017.