

Đảm bảo cấp nước sinh hoạt cho các điểm dân cư nông thôn vùng miền núi phía Bắc

>GS.TS TRẦN ĐỨC HẠ*

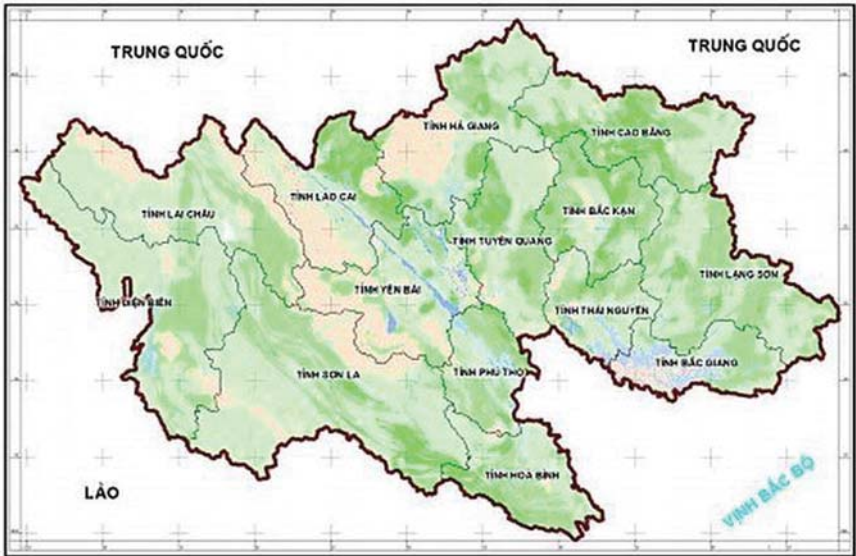
Để đảm bảo cho sự phát triển kinh tế xã hội và điều kiện sinh hoạt của nhân dân ở vùng miền núi phía bắc, cần thiết phải xây dựng được các mô hình cấp nước sinh hoạt theo các yêu cầu về ổn định nguồn nước, đảm bảo chất lượng nước xử lý, bền vững quản lý vận hành.

1. Giới thiệu chung

Vùng núi phía Bắc (NPB) gồm 12 tỉnh: Hà Giang, Lào Cai, Yên Bái, Lai Châu, Điện Biên, Sơn La, Hoà Bình, Cao Bằng, Bắc Kạn, Lạng Sơn, Phú Thọ, Tuyên Quang và 21 huyện phía Tây của hai tỉnh Thanh Hóa và Nghệ An (phạm vi chỉ đạo trực tiếp của Ban Chỉ đạo Tây Bắc), là địa bàn sinh sống của trên 11,6 triệu người thuộc hơn 30 dân tộc anh em, trong đó khoảng 63% là đồng bào các dân tộc thiểu số [1].

Vùng NPB có vị trí chiến lược đặc biệt quan trọng về kinh tế - xã hội, quốc phòng, an ninh và đối ngoại của cả nước. Tuy nhiên vùng này thường xuyên đối mặt với các thiệt hại và rủi ro thiên tai liên quan đến nước, trong đó có các loại hình thiên tai đặc biệt nguy hiểm như: lũ quét, sạt lở đất, sụt lún đất, rét hại, mưa đá, sương mù, sương muối... Do biến đổi khí hậu, các rủi ro thiên tai liên quan đến nước sẽ ngày càng gia tăng, tác động bất lợi đến mọi mặt của hoạt động kinh tế, dân sinh. Biến đổi khí hậu và thay đổi hiện trạng rừng đã làm cạn dần nguồn nước khiến việc cấp nước cho người dân những tháng mùa khô gặp nhiều khó khăn. Với các hoạt động kinh tế chủ yếu là nông - lâm nghiệp, đây là khu vực dễ bị tổn thương và cần được đặc biệt quan tâm bảo vệ trước thiên tai liên quan đến nước.

Hiện nay, nhiều công trình cấp nước sinh hoạt tập trung tại các huyện vùng NPB và vùng đồng bào dân tộc thiểu số hoạt động kém bền



Hình 1. Bản đồ các tỉnh miền núi phía Bắc

vững, hiệu quả thấp do qua nhiều năm sử dụng bị hư hỏng, công tác duy tu bảo dưỡng chưa được quan tâm; năng lực quản lý vận hành các đơn vị cấp nước miền núi hạn chế; nguồn nước vào mùa khô các công trình cấp nước tự chảy thường bị thiếu. Mặt khác với công nghệ xử lý nước phổ thông và đơn giản, các công trình cấp nước sinh hoạt tập trung ở đây phần lớn cũng chưa đạt yêu cầu theo quy chuẩn nước sinh hoạt theo QCVN 01-01:2018/BYT về chất lượng nước sạch phục vụ cho mục đích sinh hoạt.

Quyết định 925/QĐ-TTg ngày 02/8/2022 của Thủ tướng phê duyệt Chương trình tăng cường bảo vệ môi trường, an toàn thực phẩm và cấp

nước sạch nông thôn trong xây dựng nông thôn mới giai đoạn 2021 - 2025. Trong Quyết định này nêu rõ: Rà soát, điều chỉnh và cập nhật nội dung cấp nước sạch nông thôn vào quy hoạch nông thôn, đảm bảo cấp nước sinh hoạt nông thôn bền vững, thích ứng với biến đổi khí hậu, suy thoái nguồn nước; Hỗ trợ đầu tư một số mô hình cấp nước sạch tại các vùng đặc thù, vùng khan hiếm, khó khăn về nguồn nước (vùng hạn hán, thiếu nước, xâm nhập mặn, lũ, ngập lụt, úng, vùng sâu, vùng xa, miền núi, bãi ngang ven biển, biên giới, hải đảo).

Như vậy đối với vùng NPB để đảm bảo cho sự phát triển bền vững kinh tế xã hội nói chung, cũng như điều kiện sinh hoạt của nhân dân nói

* Trường ĐHXD Hà Nội.



Hình 2. Cáp nước sinh hoạt từ nguồn hồ chứa thủy điện



Hình 3. Kiểm tra một hồ treo trên núi đá ở Bắc Kạn

riêng, cần thiết phải xây dựng được các mô hình cấp nước sinh hoạt đảm bảo các yêu cầu về như ổn định nguồn nước, đảm bảo chất lượng nước xử lý, bền vững quản lý vận hành,... Trong bài báo này sẽ đề cập đến một số giải pháp kỹ thuật để tìm nguồn nước thô ổn định và công nghệ xử lý nước đảm bảo chất lượng nước theo QCVN 01-01:2018/BYT phù hợp để cấp nước sinh hoạt tập trung cho các điểm dân cư nông thôn vùng NPB.

2. Khai thác nguồn nước mặt và nước mưa

Tây Bắc là một vùng miền núi với những dãy núi cao phân cắt địa hình và lượng mưa trung bình hàng năm từ 1400mm đến 1500mm và lượng bốc hơi có thể lên đến 800mm. Đây là vùng có nguồn tài nguyên nước khá phong phú nhưng phân bố không đều. Vùng mưa lớn nhất thuộc khu vực Hoàng Liên Sơn với lượng mưa trung bình trên 3.000mm/năm, các vùng khác lượng mưa phổ biến từ 1.400-2.400mm, vùng ít mưa là Sông Mã (Sơn La) với lượng mưa trung bình năm khoảng 1.200mm. Lượng mưa tập trung vào các tháng từ tháng V-VIII (chiếm từ 80-85%) tổng lượng mưa năm, mùa khô từ tháng IX-IV năm sau (chiếm từ 15-20%). Các tháng mùa khô thường thiếu nước nghiêm trọng gây ra không ít khó khăn cho sản xuất và sinh hoạt của nhân dân. Tuy vậy lượng mưa trung bình của khu vực này vẫn trên 1200mm, khả năng để xây dựng các

bể chứa nước mưa là hoàn toàn khả thi cho vùng NPB.

Trong vùng tỷ lệ người dân nông thôn sử dụng nước mặt để sinh hoạt khá cao: Lào Cai (78%), Yên Bái (71%), Bắc Kạn (63%), Tuyên Quang (52%), Phú Thọ (47%) [1, 2]. Như vậy việc dự trữ nước mưa vào vực chứa mặt hoặc kết hợp chứa nước bề mặt với bổ cấp nước ngầm là những cách tiếp cận phù hợp để tạo nguồn nước thô bền vững cho những vùng khó khăn về nguồn nước.

Vùng Tây Bắc với diện tích tự nhiên rộng, địa hình đa dạng, từ địa hình cao nguyên, đồi núi thấp đến địa hình núi đá cao. Vì vậy trong vùng tồn tại nhiều loại hình công trình thu, trữ nước phục vụ dân sinh khác nhau. Các loại hình công trình thu và trữ nước phù hợp với điều kiện tự nhiên và hạ tầng sẵn có của các địa phương: hồ treo cho vùng cao nguyên đá; bể chứa nước mưa, nước mặt dung tích lớn (vài chục đến vài trăm m³) tại các cơ sở tập trung (trường học, UBND xã, trạm y tế,...) có điều kiện về mặt bằng mái hứng bằng bê tông, bằng ngói rộng; các hồ thu nước cho khu dân cư tập trung quy mô vài trăm m³; Bể thu nước mạch ngầm (có nguồn nước bổ sung liên tục) dung tích vài chục m³. Nước được xử lý đạt tiêu chuẩn rồi phân phối cho người dùng nước.

Các công trình hồ chứa không những đảm bảo cấp nước cho nhà máy thủy điện, phục vụ nước tưới cho nông nghiệp và góp phần điều tiết lũ cho hạ du, và đặc biệt là cấp nước

sinh hoạt cho các đô thị, các điểm dân cư lân cận. Các tỉnh vùng trung du và miền núi phía bắc hiện có 1.750 hồ chứa vừa và nhỏ, hàng trăm công trình thủy điện, thủy lợi, hàng chục nghìn công trình tiểu thủy nông với tổng diện tích thực tưới 206.037 ha và cấp nước sinh hoạt cho người dân nông thôn...

Các đập xây dựng trên sông suối để dâng cao mực nước được đánh giá là phù hợp để cấp nước cho sản xuất và sinh hoạt khu vực địa hình miền núi. Do đặc điểm địa hình Tây Bắc nên tại đây có số lượng các đập dâng lớn, với khoảng 20.000 đập. Tuy nhiên, các đập dâng này hầu hết đều được xây dựng theo kiểu truyền thống nên rất dễ bị hư hại vào mùa mưa khi lũ dâng đột ngột hay bị đất đá sạt lở bồi lấp thượng lưu và cửa lấy nước. Để khắc phục hiện tượng này, có thể áp dụng các cải tiến công trình thu nước đập dâng kiểu Triron, lấy nước dọc đỉnh đập tràn, góp phần chống bồi lấp cửa lấy nước [3].

Hiện nay cũng đã có những giải pháp tăng hiệu quả thu trữ của các hồ chứa nước nhỏ phục vụ dân sinh như: tăng dung tích chứa bằng việc nâng cao ngưỡng tràn kết hợp mở rộng khẩu độ tràn, nâng cao ngưỡng tràn kết hợp thay tràn không có cửa van bằng tràn có cửa van, nâng cao trình ngưỡng tràn, nâng cao đập kết hợp với làm tường chắn sóng, ... [4, 5]. Các hồ chứa nước vùng cao giúp tận dụng tối đa nguồn tài nguyên nước mặt, nước ngầm trong khu vực, khắc phục tình

trạng thiếu nước sản xuất, thiếu nước sinh hoạt đang gia tăng, vì vậy cần đầu tư thêm các hồ chứa nước vùng cao là giải pháp phát triển bền vững cho vùng núi còn nhiều khó khăn.

Hồ treo có dung tích từ vài nghìn đến vài chục nghìn m³, đáp ứng được yêu cầu dùng nước của người dân trong mùa khô. Hồ treo có thể bằng đá xây, bằng bê tông hoặc lót vải địa kỹ thuật. Hiện nay chống thấm cho hồ treo có thể bằng màng bentonix, là loại màng sét tổng hợp được cấu thành bởi lớp sodium bentonite tự nhiên dạng bột kẹp kéo giữa 2 lớp vải địa kỹ thuật dệt xuyên kim với nhau và được tráng phủ bởi một lớp màng polyethylen (PE) trắng bên ngoài. Loại màng này phù hợp với mọi dạng địa hình, giá thành rẻ hơn so với bê tông [6]. Tuy nhiên hồ treo cũng có những bất cập như chất lượng nước kém vì dễ bị ô nhiễm từ vùng hứng nước mưa, lượng nước trong hồ dễ bị giảm sút do lượng bổ cập về mùa khô không có và dễ bị dò rỉ và bay hơi.

Để vận chuyển nước đi xa trong điều kiện phức tạp có thể tận dụng sự thay đổi địa hình cho nước tự chảy hoặc dùng các máy bơm. Bơm và là một thiết bị lợi dụng năng lượng của dòng nước để đưa nước từ nguồn suối lên vùng đồi cao, phục vụ nước tưới và nước sinh hoạt. Thiết bị bơm và có các ưu điểm: không (điện, dầu, than...) tự động đưa nước lên cao suốt ngày đêm, cấu tạo đơn giản, dễ sử dụng, chi phí xây dựng công trình thấp không cần nhà trạm, vận hành đơn giản, tuổi thọ cao.

Mô hình thu gom nước mưa tại chỗ bằng các bể tập trung có thể ứng dụng cho các đối tượng tập thể như trường học, trạm y tế, các cơ quan, ... Nước mưa từ hệ thống thu gom (mái bê tông, mái ngói, mái tôn) theo máng thu vào đường ống chảy vào bể lọc cát, sỏi để loại bỏ cặn bẩn sau đó nước được đưa về bể trữ để sử dụng. Mô hình này được áp dụng rộng rãi cho những nơi không có nguồn mạch ngầm và không được cấp nước tập trung.

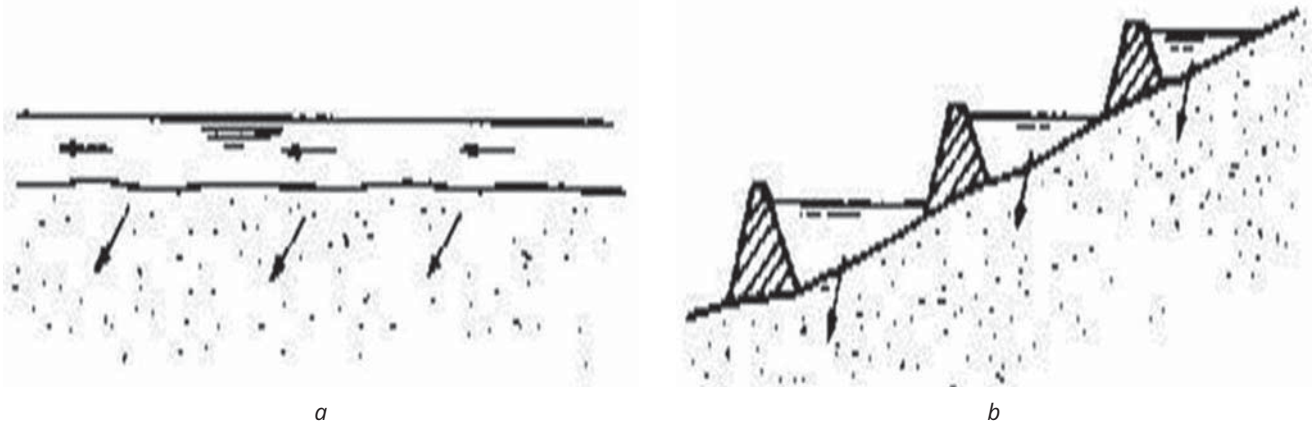
3. Khai thác và bổ sung nhân tạo nguồn nước ngầm

Chương trình điều tra, tìm kiếm nguồn nước dưới đất để cung cấp nước sinh hoạt ở các vùng núi cao, vùng khan hiếm nước được Thủ tướng Chính phủ phê duyệt tại Quyết định số 264/QĐ-TTg ngày 2/3/2015. Đây là nhiệm vụ quan trọng, có ý nghĩa rất lớn trọng việc ổn định an sinh, tạo điều kiện nâng cao đời sống nhân dân, đặc biệt là vùng đồng bào dân tộc thiểu số. Theo Viện Địa chất (2008) tại khu vực MNPB nước ngầm chủ yếu là nước karst. Tầng nước này có khả năng cung cấp tương đối phong phú nước sinh hoạt cho các cụm dân cư vùng cao [7]. Đánh giá được trữ lượng, chất lượng nước dưới đất để đưa ra được quy trình khai thác hợp lý là hết sức cần thiết. Đi cùng với việc khai thác phải bổ sung nhân tạo cho nguồn nước ngầm để bảo đảm khai thác hiệu quả và sử dụng bền vững. Đó là các giải pháp như: làm

chậm dòng chảy bề mặt để tăng cường lượng nước thấm qua đất vào tầng chứa nước; bổ cập nước bề mặt qua giếng thấm, hố khoan: thấm nước sông suối hồ vào tầng chứa nước ngầm qua đáy;...

Đề tài “Nghiên cứu đề xuất các mô hình, giải pháp công nghệ khai thác và bảo vệ phát triển bền vững nguồn nước karst phục vụ cấp nước sinh hoạt tại các vùng núi cao, khan hiếm nước khu vực Bắc Bộ” đã xác định và đánh giá được hiệu quả hoạt động của hai mô hình: i) Mô hình thu gom, khai thác nguồn nước karst mạch lộ bằng hào thu nước có sử dụng băng thu nước, gom các mạch nước trong đất, đá ở vùng cao, khan hiếm nước; và ii) Mô hình khai thác nguồn nước karst ngầm sử dụng pin năng lượng mặt trời bơm nước từ giếng khoan lên bể chứa rồi phân phối đến các hộ tiêu thụ [8]. Sử dụng phương pháp thu nước từ các mạch lộ bằng giải pháp công nghệ kết hợp giữa hào thu, bể thu, băng thu nước và lớp lọc cát sỏi loại bỏ được bùn cát, tạp chất bẩn và đảm bảo chất lượng nguồn nước trong và sạch.

Hệ thống lấy nước sinh hoạt kiểu đập ngầm và hào thu nước phù hợp ở những khu vực có khe tự thủy, lòng suối có bồi tích cát, cuội sỏi. Hoạt động của đập ngầm dạng này là sử dụng các băng thu nước khía rãnh gắn dọc theo ống PVC, đặt trong lớp cát lọc. Công nghệ sử dụng băng thu nước có thể thu được nguồn nước trong, sạch sử dụng cho sinh hoạt [9].



Hình 4. Các giải pháp bổ cập nước mặt cho nước ngầm ở khu vực miền núi. a).Thấm lọc qua đáy sông, suối; b). Đập dâng giữ nước để thấm lọc



Hình 5. Lắp đặt ống lọc tại công trình thử nghiệm ở Lào Cai



Hình 6. Mô hình bể chứa nước mưa và xử lý nước cho trường học ở Bắc Kạn

4. Các công nghệ xử lý phù hợp, đảm bảo chất lượng nước sạch để cấp nước sinh hoạt các điểm dân cư

Công nghệ xử lý nước sinh hoạt truyền thống từ các nguồn nước mặt: hồ chứa, sông, suối, ... chủ yếu là để làm trong nước và khử trùng theo quy trình: chần rác - lắng sơ bộ - keo tụ và lắng - lọc - khử trùng. Đối với nước dưới đất có hàm lượng sắt và mangan cao thì phải qua quá trình oxy hóa (thông thường bằng oxy không khí), lắng, lọc và khử trùng. Chất lượng nước sau xử lý thường đảm bảo các quy định theo QCVN 02:2009/BYT hoặc QCVN 01:2009/BYT.

Trong nước sông suối khu vực miền núi ngoài các phần tử phù sa, các keo sét, các chất hữu cơ nguồn gốc lá cây, xác động vật, ... còn có dư lượng hóa chất bảo vệ thực vật, ion kim loại nặng, các vi khuẩn, virus... do nước mưa cuốn trôi bề mặt từ các vùng canh tác, khai khoáng, ... chảy vào. Các khu dân cư, thôn bản, ... ven suối cũng xả nước thải sinh hoạt, nước thải chăn nuôi, ... chưa được xử lý gây ô nhiễm hữu cơ và phú dưỡng nguồn nước. Với các công trình cung cấp nước chủ yếu công nghệ lọc thô đơn giản, quy mô nhỏ lẻ, phân tán, tự phát, nước được lấy từ sông, suối, khe, từ hệ thống thủy lợi, giếng đào, ... nên khả năng cung cấp nước cho mùa khô hạn

chế, chất lượng nước không được đảm bảo cho sinh hoạt. Các công trình xử lý chỉ có thể loại bỏ được một số kim loại như là sắt, mangan hoặc các chất rắn không hòa tan... Trong tình hình nguồn nước có nhiều tác nhân ô nhiễm đặc biệt như các chất ô nhiễm dạng vết, hóa chất bảo vệ thực vật, các chất hữu cơ tự nhiên, các loại vi khuẩn và virus gây bệnh dịch, ... thì các phương pháp keo tụ - lắng - lọc và khử trùng của các công trình cấp nước tập trung đều khó đảm bảo được chất lượng nước theo QCVN 01-01:2018/BYT [10, 11].

Với một số ưu điểm riêng, màng siêu lọc (UF) có vai trò xử lý nâng cao sau một số công đoạn tiền xử lý nước mặt bằng phương pháp truyền thống (keo tụ - lọc) để cấp sinh hoạt và ăn uống, như sơ đồ nêu trên hình 7a.

Mô hình xử lý không hóa chất theo quy trình lọc zeolite (vật liệu ODM -2F) - lọc màng UF được ứng dụng cho hệ thống cấp nước Trung đoàn 877 (công suất 600 m³/ngày) và khu dân cư thị trấn Yên Minh (Hà Giang) 5600 người. Sau hệ thống này phần lớn các chỉ tiêu ô nhiễm trong nước suối Tà Vải và suối Nà Rược được loại bỏ đến dưới ngưỡng quy định của QCVN 01-01:2018/BYT để cấp nước sinh hoạt. Các chỉ tiêu này cũng nằm trong giới hạn cho phép đối với nước ăn uống, tuy nhiên để đề phòng rủi ro, sau màng lọc UF nước cấp cần được khử trùng tiếp tục (UV,

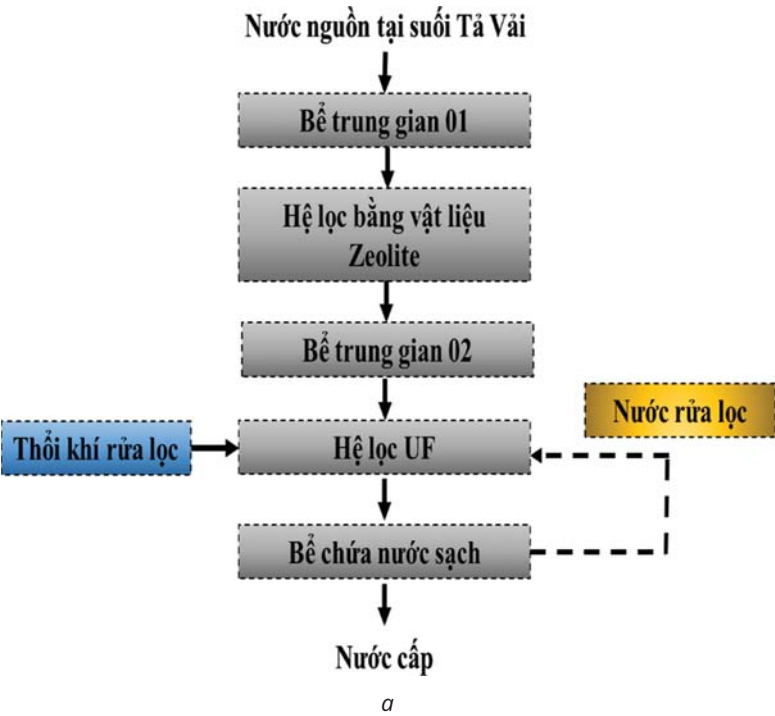
clo hoạt tính, ozon,...) mới đảm bảo yêu cầu ăn uống [12]. Đây là mô hình hợp lý cho các cụm dân cư hoặc các đơn vị bộ đội biên phòng, nơi không có điều kiện cấp nước tập trung.

Trong giai đoạn vừa qua, khu vực nông thôn các tỉnh vùng Tây Bắc được ưu tiên đầu tư cơ sở hạ tầng rất lớn bằng nhiều nguồn vốn khác nhau, đặc biệt là công trình cấp nước sinh hoạt. Hầu hết các công trình thu trữ nước phục vụ sinh hoạt là những công trình nhỏ lẻ phục vụ cho quy mô nhóm hộ, đáp ứng phần nào cho sinh hoạt của người dân. Tuy nhiên hiệu quả khai thác công trình sau đầu tư chưa cao, vì vậy cần thiết ứng dụng công nghệ phù hợp với điều kiện vùng miền trong việc cấp nước sinh hoạt như: thu, trữ và xử lý nước mưa tại hộ gia đình; nâng cấp, cải tạo công nghệ xử lý nước tại cụm xử lý cũng như trang bị các thiết bị phù hợp với quy mô hộ gia đình.

5. Kết luận

Để đảm bảo cho sự phát triển kinh tế xã hội và điều kiện sinh hoạt của nhân dân ở vùng NPB, cần thiết phải xây dựng được các mô hình cấp nước sinh hoạt theo các yêu cầu về ổn định nguồn nước, đảm bảo chất lượng nước xử lý, bền vững quản lý vận hành, ...

Tìm kiếm, bảo vệ và phát triển các nguồn nước mặt và nước dưới đất có trữ lượng, chất lượng phù hợp, đáp ứng yêu cầu cung cấp nước



Hình 7. Hệ thống xử lý nước sinh hoạt từ suối Tà Vải (Hà Giang)
a). Sơ đồ công nghệ. b). Thiết bị lọc màng UF

phục vụ sinh hoạt ở các vùng núi cao, vùng khan hiếm nước là yêu cầu cấp thiết trong bối cảnh biến đổi khí hậu hiện nay.

Đối với vùng NPB, cần xây dựng kế hoạch đầu tư phát triển cấp nước sạch theo các mô hình phù hợp trên cơ sở lựa chọn và phát triển nguồn nước,

công nghệ khai thác và xử lý nước hợp lý, quản lý vận hành bền vững, ... phù hợp với điều kiện tự nhiên và đặc điểm kinh tế xã hội của từng khu vực. ❖

Tài liệu tham khảo

1. Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam, 2017. Báo cáo thực trạng về công trình thu, trữ nước, quản lý, xử lý nước, tổ chức quản lý hệ thống cấp nước tại vùng Tây Bắc.
2. Nguyễn Hồng Trường, Phạm Văn Ban, Hoàng Thị Hà, Đỗ Ngọc Ánh, 2020. Hiện trạng cấp nước miền núi phía Bắc và các tiêu chí lựa chọn điểm xây dựng bảo đảm tính bền vững. Tạp chí Khoa học và Công nghệ thủy lợi, số 60-2020, trang 42-54.
3. Nguyễn Văn Tài. 2014. Nghiên cứu thực nghiệm, xác định hệ số lưu lượng kiểu lấy nước dọc đỉnh đập tràn chống bồi lấp cửa vào kênh dẫn ở một số tỉnh miền núi phía Bắc”, Tuyển tập hội nghị khoa học thường niên Viện Khoa học Thủy lợi năm 2014.
4. Lê Xuân Khâm, 2015. Nghiên cứu cơ sở khoa học tăng thêm dung tích hồ chứa nước ở miền Trung Việt Nam. Viện Khoa học Thủy lợi.
5. Đinh Anh Tuấn, Nguyễn Trung Anh, 2015. Vấn đề nâng cao khả năng tích nước hồ chứa vừa và nhỏ thông qua giải pháp nâng tràn xả lũ. Viện Bơm và thiết bị thủy lợi- Viện Khoa học Thủy lợi.
6. Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam, 2005. Báo cáo đề tài Nghiên cứu ứng dụng các giải pháp khoa học công nghệ, xây dựng các công trình nhỏ trữ, dâng nước phục vụ cấp nước vùng đồi núi và trung du miền Bắc và Bắc Trung Bộ.
7. Viện Địa chất, 2008. Báo cáo đề tài: Nghiên cứu thử nghiệm một số giải pháp cấp nước cho một số khu vực đặc biệt khó khăn vùng núi phía Bắc.
8. Nguyễn Vũ Việt, Nguyễn Thanh Bằng, 2020. Giải quyết bài toán nước sinh hoạt cho người dân vùng núi cao, vùng khan hiếm nước. Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam.
9. Nguyễn Quốc Dũng và nnk, 2012. Giải pháp cấp nước hữu hiệu cho vùng di dân tái định cư thủy điện Sơn La ở tỉnh Lai Châu. Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển nông thôn, số 5-2012.
10. Đặng Xuân Thường, Nguyễn Phú Duyên, Nguyễn Thanh Hải, 2018. Hiện trạng chất lượng nước các sông suối một số tỉnh biên giới phía Bắc. Tạp chí Môi trường và đô thị, số 1+3 (114+115) năm 2018, trang 26-28.
11. Đặng Xuân Thường, Đỗ Thị Lan, Hoàng Quý Nhân, Lương Thị Hoa, Nguyễn Thanh Hải, 2017. Nghiên cứu ô nhiễm nguồn nước suối do sản xuất nông nghiệp và chăn thả gia súc, gia cầm theo tập tục của người bản địa tại lưu vực suối Tà Vải, Hà Giang. Tạp chí Khoa học và Công nghệ, Đại học Thái Nguyên, tập 171, số 11, 2017, 207-212.
12. Đặng Xuân Thường, Trần Đức Hạ, Nguyễn Mai Hoa, 2019. Đánh giá hiệu quả xử lý nước suối bằng công nghệ màng siêu lọc (UF) kết hợp vật liệu lọc đa năng để cấp nước sinh hoạt phi tập trung khu vực miền núi Tây Bắc. Tạp chí Tài nguyên và Môi trường, Số 4(306), 2-2019, trang 12-16.