

ĐÁNH GIÁ HOẠT ĐỘNG CỦA HỆ THỐNG NHÀ VỆ SINH VẬN HÀNH BẰNG NĂNG LƯỢNG MẶT TRỜI VÀ SỬ DỤNG NƯỚC BIỂN TRONG ĐIỀU KIỆN THỰC TẾ TẠI ĐÁ TÂY A, QUẦN ĐẢO TRƯỜNG SA

NGUYỄN THU HOÀI ⁽¹⁾, NGÔ CAO CƯỜNG ⁽¹⁾, PHAN THANH XUÂN ⁽²⁾,
NGUYỄN CHÍ CƯỜNG ⁽³⁾, NGUYỄN BÁ THỰC ⁽⁴⁾, ĐỖ THỊ THU HỒNG ⁽¹⁾

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Quần đảo Trường Sa nằm về phía Nam Biển Đông, ở trong khoảng từ 6°30' đến 12°00' độ vĩ Bắc, 111°00' đến 117°20' độ kinh Đông, gồm trên 100 đảo lớn nhỏ và rạn san hô, với diện tích vùng biển rộng khoảng 410.000 km² [1]. Các đảo thuộc quần đảo Trường Sa đang bị ảnh hưởng của ô nhiễm môi trường do chất thải rắn, nước thải từ việc gia tăng các hoạt động kinh tế biển. Các nguồn thải chính gây ô nhiễm ở đây bao gồm: nước thải sinh hoạt, chất thải từ các chuồng trại chăn nuôi, chất thải rắn sinh hoạt và y tế [2].

Thực trạng khan hiếm nước ngọt ở các đảo dẫn đến nước biển thường xuyên được sử dụng cho các nhu cầu sinh hoạt, chăn nuôi, chế biến thực phẩm... Kết quả là dòng chất thải hữu cơ bị hòa với nước biển, có hàm lượng NaCl lên tới 20 - 30 g/l, tùy thuộc vào tỷ lệ nước mặn dùng thay thế nước ngọt trong các công đoạn sản xuất, sinh hoạt. Cùng với độ mặn cao trong nước thải, điều kiện khí hậu khắc nghiệt với các hiện tượng thời tiết cực đoan tại quần đảo Trường Sa làm giảm hiệu quả của các công nghệ xử lý sinh học phổ biến trên đất liền. Vì vậy, nghiên cứu và phát triển các giải pháp xử lý chất thải hữu cơ phù hợp với môi trường biển là rất cần thiết.

Nhà vệ sinh dội rửa bằng nước biển đã được sử dụng với quy mô lớn ở các nước như Mỹ, Nhật Bản, Hồng Kông,... Ở Hồng Kông, có đến 80% số nhà vệ sinh được dội rửa bằng nước biển [3]. Các tàu biển hiện đại cũng được trang bị hệ thống nhà vệ sinh sử dụng nước biển để dội rửa; hai hệ thống xử lý được sử dụng phổ biến là MSD (Marine Sanitation Device) và AWP (Advanced Wastewater Purification) [4].

Liên quan đến vấn đề này, hệ thống nhà vệ sinh năng lượng mặt trời sử dụng nước biển đã được thiết kế, chế tạo và lắp đặt thử nghiệm tại Trạm Thử nghiệm Đầm Báy, Chi nhánh Ven Biển. Đây là sản phẩm của đề tài cấp Trung tâm Nhiệt đới Việt-Nga “Hoàn thiện công nghệ xử lý chất thải người và rác thải hữu cơ phù hợp với điều kiện sử dụng thực tế tại nhà giàn DK1 và các đảo” năm 2018 do Phân viện Công nghệ Sinh học/ Trung tâm Nhiệt đới Việt - Nga chủ trì [5]. Trên cơ sở các kết quả đã đạt được từ đề tài, hệ thống nhà vệ sinh năng lượng mặt trời, sử dụng nước biển tiếp tục được cải tiến, hoàn thiện và đánh giá hiệu quả qua triển khai thử nghiệm thực tế tại Đá Tây A (quần đảo Trường Sa).

2. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP

2.1. Đối tượng nghiên cứu

Chủng giống: Tổ hợp vi sinh vật kỵ khí ưa mặn BKM có khả năng phân hủy kỵ khí chất thải hữu cơ trong điều kiện nước biển được lấy từ Bộ sưu tập chủng giống của Phân viện Công nghệ Sinh học.

Hóa chất: Nước biển nhân tạo theo Widdel (1992) [6] có điều chỉnh nồng độ NaCl 35g/l, môi trường đệm vi khuẩn kỵ khí tổng số theo Wang và cs. (2007) [7], hóa chất khác: Cám gạo, natri acetat, CaCl₂, natri alginat,...

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Phương pháp nhiệt đới hóa hệ thống nhà vệ sinh

- Đối với nhóm các bo mạch điện tử, cảm biến: Sử dụng sản phẩm lớp phủ bảo vệ bo mạch điện tử EDL-2-3.

- Đối với nhóm các khối nguồn acquy, hệ thống điện, giắc kết nối: Sử dụng lớp phủ nano “Электроизоляция” của Liên bang Nga.

- Đối với các lớp vỏ bảo vệ động cơ, các khớp nối cơ học, các chi tiết đinh tán, ốc vít, hệ thống giá đỡ pin mặt trời: Sử dụng lớp phủ nano “Защита от коррозии” của Liên bang Nga.

2.2.2. Các phương pháp phân tích

Mật độ methanogen: Mẫu (bùn/chế phẩm) được pha loãng rồi cấy vào các ống nghiệm kỵ khí chứa môi trường nước biển nhân tạo (3 ống/ độ pha loãng), cơ chất là Na-acetat (10 Mm). Các ống được nuôi tĩnh tại 37°C và theo dõi lượng CH₄ sinh ra trong các ống bằng sắc ký khí để xác định sự có mặt của methanogen. Mật độ methanogen trong mẫu được tính dựa theo bảng chỉ số MPN, đơn vị MPN/ml.

Mật độ vi khuẩn kỵ khí tổng số: Các bước tiến hành hoàn toàn tương tự như phương pháp xác định mật độ methanogen. Môi trường nước biển nhân tạo được thay bằng môi trường nuôi cấy vi sinh vật kỵ khí tổng số. Các ống MPN được ghi nhận kết quả là các ống có hiện tượng sinh axit, làm giảm pH từ 7 xuống dưới 5.

Xác định hoạt tính sinh methan của bùn: theo Hussain A. và cs. (2015) [8]

Xác định chỉ số thể tích lắng bùn: theo APHA (2005) [9]

Xác định phân bố kích thước hạt bùn: theo Francese và cs. (1998) [10]

Xác định hàm lượng methane bằng sắc ký khí: theo Lu Q và cs. (2016) [11]

Xác định các thông số của nước thải

Nước thải ở các giai đoạn được gửi phân tích tại các đơn vị phân tích đạt chuẩn VILAS với các chỉ tiêu và phương pháp như trình bày trong bảng 1.

Bảng 1. Các chỉ tiêu phân tích nước thải và phương pháp tương ứng

TT	Chỉ tiêu	Phương pháp xác định
01	pH	TCVN 6492 : 2011
02	Nhu cầu oxy sinh hóa (BOD ₅)	SMEWW 5120 D : 2017
03	Tổng chất rắn lơ lửng (TSS)	TCVN 6625 : 2000
04	Tổng chất rắn hòa tan (TDS)	TCVN 4560 : 1988
05	Sulfua (Tính theo H ₂ S)	HACH 8131 : 2005
06	Amoni (Tính theo N)	HACH 8038 : 2005
07	Nitrat (NO ₃ ⁻) (Tính theo N)	HACH 8192 : 2005
08	Phosphat (PO ₄ ³⁻) (Tính theo P)	HACH 8178 : 2005
09	Tổng các chất hoạt động bề mặt	TK HACH 8028 : 2005
10	Tổng dầu, mỡ động thực vật	US EPA Method 1664
11	Tổng coliforms	TCVN 6187-2:1996
12	COD	SMEWW 5220 B: 2017
13	Độ mặn	SMEWW 2520 B: 2017

3. KẾT QUẢ VÀ BÀN LUẬN

3.1. Điều chỉnh thiết kế Hệ thống nhà vệ sinh năng lượng mặt trời, sử dụng nước biển quy mô 25 người sử dụng/ngày

Hệ thống nhà vệ sinh năng lượng mặt trời, sử dụng nước biển được điều chỉnh thiết kế trên cơ sở: (1) khắc phục những nhược điểm của Hệ thống nhà vệ sinh đã thử nghiệm tại Trạm thử nghiệm Đầm Báy (thiết kế bể xử lý chia 2 modul còn khá cồng kềnh, bể xử lý làm bằng inox bị hoen rỉ, bồn cầu bị tắc nghẽn do cát lắng, máy thổi khí có lúc gặp trục trặc, inverter của hệ pin năng lượng mặt trời hoạt động không ổn định); (2) các thông tin liên quan thu thập được từ Quân chủng Hải quân (số người sử dụng, điều kiện thời tiết, khí hậu tại quần đảo Trường Sa).

Các số liệu cơ sở

Số người sử dụng: 25 người/ngày đêm

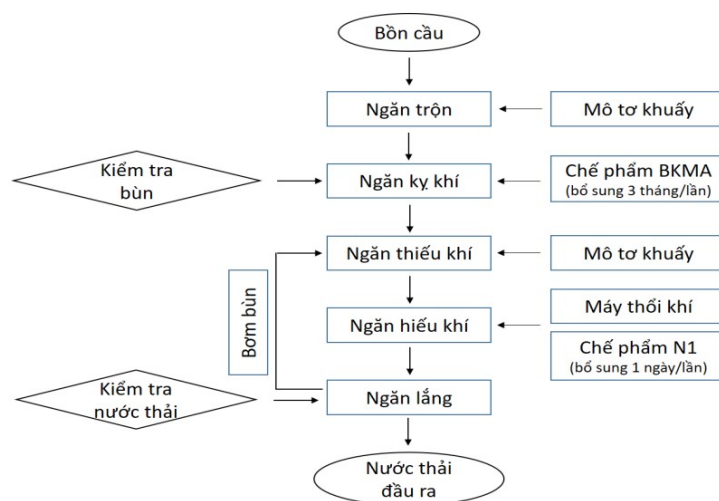
Chất thải: Phân thải - khối lượng (ướt) 0,44 kg/người.ngày (1 lần/ngày); Nước tiểu - thể tích 1,38 lít/người.ngày (7 lần/ngày)

Lượng nước biển dùng cho dội rửa nhà vệ sinh: 1 lít nước xả/lần.

Tính toán công nghệ xử lý nước thải

Lựa chọn sơ đồ công nghệ của hệ thống xử lý

Công nghệ được lựa chọn để thiết kế hệ thống xử lý chất thải người và rác thải hữu cơ dội rửa bằng nước biển là bể tự hoại 2 ngăn hoạt động dựa trên nguyên lý phân hủy kỵ khí kết hợp với công nghệ AAO.



Hình 1. Sơ đồ công nghệ thiết kế bể xử lý chất thải

Tính toán các thông số thiết kế

Tính toán thiết kế hệ thống nhà vệ sinh năng lượng mặt trời, sử dụng nước biển cụ thể như sau:

- Quy mô: 25 người sử dụng/ngày

- Cấu tạo hệ thống:

Nhà vệ sinh: gồm 02 buồng bằng vật liệu composit với bồn cầu vacuum Smart và các thiết bị vệ sinh cần thiết, bể chứa nước xả được thiết kế thêm bể cát.

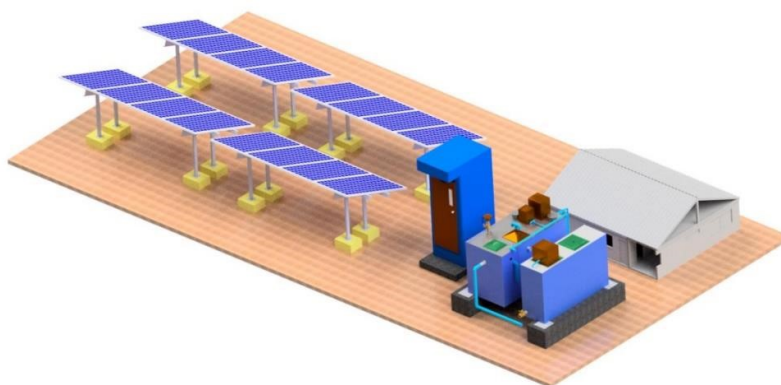
Bể xử lý: gồm 5 ngăn chia thành 4 modul bằng vật liệu composit gia cường khung inox chịu lực. Trong đó: modul 1 gồm ngăn trộn và ngăn kỵ khí, modul 2 gồm ngăn thiếu khí, modul 3 gồm ngăn hiếu khí, modul 4 gồm ngăn lắng. Thông số mỗi ngăn tại bảng 2.

Bảng 2. Thông số các ngăn của bể xử lý chất thải

	Trộn	Kỵ khí 1	Kỵ khí 2	Thiếu khí	Hiếu khí	Lắng	Tổng
V (m ³)	1,125	3,3	1,2	1,125	1,125	1,125	9
HRT (giờ)	0,1125	0,33	0,12	0,1125	0,1125	0,1125	0,9

(V - Thể tích; HRT - Thời gian lưu nước thải)

Hệ thống điện năng lượng mặt trời: gồm 2 hệ thống với tổng công suất 10KW.



Hình 2. Thiết kế tổng thể nhà vệ sinh năng lượng mặt trời, sử dụng nước biển

3.2. Nhiệt đới hóa Hệ thống nhà vệ sinh năng lượng mặt trời, sử dụng nước biển

Dựa trên cơ sở kết quả khảo sát đối tượng cần nhiệt đới hóa bao gồm: (1) nhóm các bo mạch điện tử, cảm biến; (2) nhóm các khối nguồn acquy, hệ thống điện, giắc kết nối; (3) nhóm các lớp vỏ bảo vệ động cơ, các khớp nối cơ học, các chi tiết đỉnh tán, ốc vít, hệ thống giá đỡ pin mặt trời. Các giải pháp nhiệt đới hóa cho từng nhóm đối tượng vật liệu cụ thể được trình bày trong phần phương pháp.

Các kết quả ghi nhận tại thực địa sau 6 tháng lắp đặt, vận hành hệ thống cho thấy: trong điều kiện hơi muối biển và nhiều hiện tượng thời tiết cực đoan tại Đá Tây A, các chi tiết kỹ thuật được nhiệt đới hóa hiện vẫn hoạt động tốt, đảm bảo tính đồng bộ của toàn hệ thống.

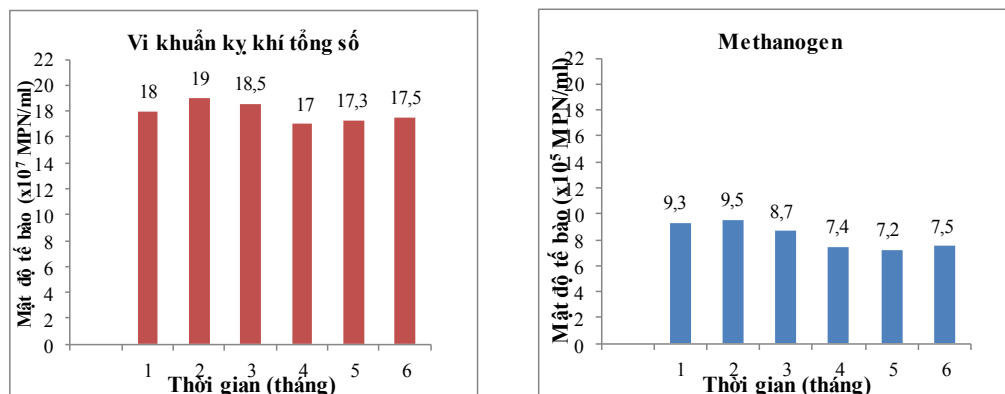
3.2. Theo dõi vận hành, đánh giá hiệu quả hoạt động của Hệ thống nhà vệ sinh năng lượng mặt trời, sử dụng nước biển

Hệ thống nhà vệ sinh năng lượng mặt trời sử dụng nước biển sau khi lắp đặt hoàn thiện được cán bộ thực hiện đề tài trực tiếp theo dõi quá trình sử dụng, vận hành tại Đá Tây A liên tục trong 6 tháng (từ tháng 6 đến tháng 12 năm 2020).

3.2.1. Kiểm tra bùn kỵ khí

Bùn tại ngăn kỵ khí được thu định kỳ 1 lần/tháng qua van ở phần đáy bể để tiến hành kiểm tra các thông số của bùn kỵ khí bao gồm: mật độ vi sinh vật kỵ khí tổng số, mật độ methanogen, hoạt tính sinh methan.

Kết quả phân tích methanogen và vi sinh vật kỵ khí tổng số trong bùn kỵ khí trong vòng 6 tháng cho thấy, sau khi được đưa vào bể xử lý, chế phẩm BKMA đã duy trì được mật độ vi sinh vật tương đối ổn định ở cả 2 hệ thống. Trong đó trong đó methanogen trung bình đạt $\sim 10^5$ MPN/ml và vi khuẩn kỵ khí tổng số trung bình đạt $\sim 10^8$ MPN/ml. Các kết quả thu được hoàn toàn tương tự với các nghiên cứu của Nguyễn Thị Thanh và cs. (Đại học Bách khoa Hà Nội, 2016) về mật độ vi sinh vật trong bể UASB [12].

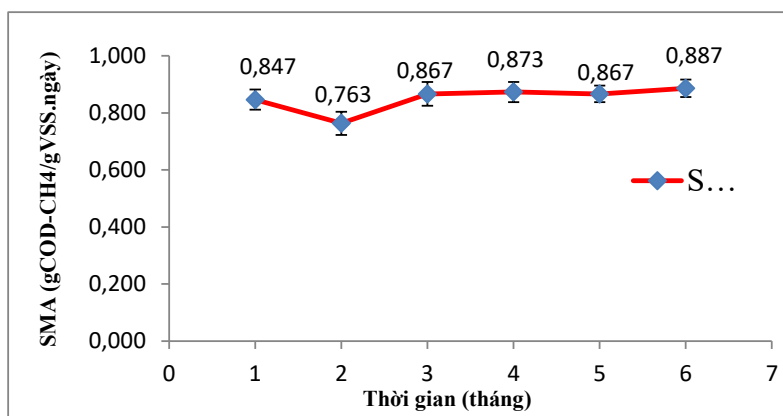


Hình 3. Mật độ vi khuẩn kỵ khí tổng số và methanogen trong bùn kỵ khí

Hoạt tính sinh methan (SMA) là một thông số quan trọng để đánh giá chất lượng của bùn kỵ khí, thể hiện khả năng của bùn trong việc chuyển hóa một cơ chất cụ thể thành methane. Do acetat là nguồn cơ chất quan trọng nhất trong quá trình sinh methane từ chất thải hữu cơ, trong nghiên cứu này chúng tôi sử dụng môi trường nước biển nhân tạo có chứa Na-acetat (10 mM) làm cơ chất để xác định hoạt tính sinh methane của bùn kỵ khí. Hoạt tính sinh methane của bùn kỵ khí thu tại ngăn kỵ khí được xác định hoạt tính sinh methane với cơ chất Na-acetat trong 6 tháng liên tục.

Theo lượng COD đã được chuyển hóa và lượng methane sinh ra tại các thời điểm kiểm tra, bùn kỵ khí khi được nuôi ở điều kiện môi trường nước biển nhân tạo với cơ chất Na-acetate (10 mM) có hoạt tính sinh methane ổn định trung bình ở mức $0,85 \pm 0,051$ g COD-CH₄/g VSS.ngày trong 6 tháng theo dõi. Shin và cs. (2001) cũng công bố SMA của bùn trong hệ thống UASB xử lý nước thải từ nhà máy thực phẩm

là 0,81 gCOD-CH₄/VSS.ngày [13]. Ở Việt Nam, tác giả Nguyễn Thị Thanh và cs. tại trường Đại học Bách khoa Hà Nội (2016) đã hoạt hóa bùn kỵ khí dùng trong bể UASB xử lý nước thải sơ chế mủ cao su đạt hoạt tính sinh methane 0,831±0,013 g COD-CH₄/g VSS.ngày [12]. Như vậy, bùn kỵ khí khi được đưa vào hệ thống xử lý vẫn đạt hoạt tính sinh methane tốt, tương đương với các loại bùn kỵ khí ở trạng thái hoạt động ổn định trong các nghiên cứu đã công bố trước đây.



Hình 4. Hoạt tính sinh methane của bùn kỵ khí theo thời gian

Như vậy, bùn kỵ khí thu nhận từ ngăn kỵ khí có màu đen, dạng hạt, có mật độ vi khuẩn tổng số $\sim 10^8$ MPN/ml, mật độ methanogen là $\sim 10^5$ MPN/ml, SMA đạt $0,85 \pm 0,051$ gCOD-CH₄/gVSS.ngày. Các thông số trên chứng tỏ chế phẩm BKMA sau khi được đưa vào bể xử lý đã hoạt động tốt.

3.2.2. Phân tích nước thải đầu ra

Nước thải tại đầu ra được tiến hành thu định kỳ 1 lần/tháng và gửi phân tích tại các đơn vị đạt chuẩn VILAS với các chỉ tiêu theo QCVN 14:2008/BTNMT. Các kết quả phân tích được trình bày trong bảng 3.

Bảng 3 cho thấy, trong 6 tháng liên tục (từ tháng 6/2020 đến tháng 12/2020) sử dụng Hệ thống nhà vệ sinh với công suất tương đương 25 người sử dụng/ngày/hệ thống, có 24 mẫu nước thải đầu ra được thu và gửi phân tích 13 chỉ tiêu theo QCVN 14:2008/BTNMT. So sánh với QCVN 14:2008/BTNMT, bên cạnh các chỉ tiêu dưới ngưỡng cho phép xả thải còn có một số chỉ tiêu vượt ngưỡng như: BOD₅, hàm lượng amoni, hàm lượng H₂S, hàm lượng phosphat. Chỉ tiêu hàm lượng amoni vượt ngưỡng cho phép của Quy chuẩn đã được nhóm nghiên cứu khắc phục bằng bổ sung chế phẩm N1 xử lý amoni trong điều kiện nước mặn (chứa vi sinh MBN-L1 của hãng Microbe - Lift IND, Mỹ). Chế phẩm N1 được bổ sung vào ngăn hiếu khí của hệ thống nhà vệ sinh 1 từ tháng 10/2020, hệ thống nhà vệ sinh 2 không bổ sung chế phẩm là hệ đối chứng. Tuy nhiên, các kết quả thu được cho thấy Chế phẩm N1 không phát huy được tác dụng, cả 2 hệ thống nhà vệ sinh đều có hàm lượng amoni vượt ngưỡng (>180 mg/L). Do đó, đối với chỉ tiêu amoni, nhóm đề tài đang tiếp tục nghiên cứu phương án xử lý, dự kiến định hướng theo nguyên lý kỵ khí (anammox hoặc sulfammox) để xử lý amoni ở điều kiện nước mặn.

Bảng 3. Kết quả phân tích mẫu nước thải đầu ra [Hệ thống 1 - (1); Hệ thống 2 - (2)]

TT	Mẫu	Chỉ tiêu phân tích												
		pH	TDS (mg/L)	TSS (mg/L)	BOD ₅ (mg/L)	COD (mg/L)	Clorua (mg/L)/Độ mặn (ppt)	H ₂ S (mg/L)	Amoni (mg/L)	Nitrat (mg/L)	Phosphat (mg/L)	Tổng các chất hoạt động bề mặt (mg/L)	Tổng dầu, mỡ động thực vật (mg/L)	Tổng Coliform (MPN/100mL)
01	QCVN	5-9	1000	100	50	-	-	4,0	10	50	10	10	20	5000
02	Nước biển	7,92	24839	<5	KPH	KPH	13471	KPH	0,57	KPH	KPH	KPH	KPH	KPH
03	7/7/20	7,14	23531	49	25	42	12585	0,281	0,7	KPH	KPH	KPH	KPH	230
04	20/7/20	6,9	23300	14,5	KPH	20,9	11800	KPH	6,3	KPH	1,2	KPH	KPH	<2
05	30/7/20 (1)	6,9	25900	7,6	<5	23,7	11700	KPH	9,5	KPH	1,6	<0,5	<3,0	<2
06	30/7/20 (2)	7,2	25700	9,1	<5	37	11700	KPH	32,1	KPH	4,5	<0,5	<3,0	130
07	13/8/20 (1)	7,22	21714	15	52	137	11344	16,3	83	KPH	12,1	KPH	KPH	900
08	13/8/20 (2)	7,13	22505	<5	15	93	12053	KPH	57	KPH	8,59	KPH	KPH	40
09	29/8/20 (1)	7,45	21700	16	46	144	11992	11	76	KPH	9,7	KPH	KPH	700
10	29/8/20 (2)	7,21	19743	12	21	81	10768	1,5	45	KPH	10,5	KPH	KPH	150
11	15/9/20 (1)	7,91	20215	15,3	41	156	12667	16,9	89	KPH	8,8	KPH	KPH	660
12	15/9/20 (2)	7,77	19800	17,7	35	75	11513	5,3	64	KPH	8,4	KPH	KPH	180
13	30/9/20 (1)	7,54	22566	44	78	204	12005	34,3	91	KPH	12,4	KPH	KPH	500
14	30/9/20 (2)	7,78	23122	23	29	69	11997	6,9	85	KPH	13,8	KPH	KPH	70
15	7/10/20 (1)	7,24	20838	72	103	253	11787	41,4	115	KPH	15,3	KPH	KPH	460
16	7/10/20 (2)	7,39	21908	15	33	87	11964	8,8	132	KPH	15,3	KPH	KPH	21
17	16/10/20 (1)	7,71	19094	131	132	330	11699	43,1	150	KPH	11,1	KPH	KPH	460
18	16/10/20 (2)	7,83	21107	38	82	210	11787	23,9	146	KPH	14,4	KPH	KPH	28
19	9/11/20 (1)	7,9	16400	129	176	538	8590	-	196	KPH	-	3,3	74,4	<2,0
20	9/11/20 (2)	7,9	19100	124	179	586	10300	-	219	KPH	-	2,7	64,4	5
21	27/11/20 (1)	7,62	18900	143	120	440	9078	77	142	KPH	11,7	KPH	KPH	800
22	27/11/20 (2)	7,33	21240	176	244	375	8890	84	168	KPH	10,2	KPH	KPH	1200
23	10/12/20 (1)	7,18	19050	232	146	492	11220	95	110	5,6	13,5	KPH	KPH	770
24	10/12/20 (2)	7,25	18970	198	209	414	10682	84	151	5,1	9,2	KPH	KPH	1100
25	29/12/20 (1)	8,36	14220	409	335	557	7072	147	192	KPH	17,4	KPH	KPH	2300
26	29/12/20 (2)	8,43	18446	519	350	587	9465	129	214	KPH	12,7	KPH	KPH	2800

QCVN 14:2008/BTNMT là Quy chuẩn áp dụng với nước thải sinh hoạt nói chung, sử dụng nước ngọt để dội rửa các khu vệ sinh. Đối với khu vực biển đảo nói chung, việc áp dụng Quy chuẩn này là không phù hợp. Hiện tại, nếu sử dụng nước biển để dội rửa thì chưa có Quy chuẩn Việt Nam tham chiếu về nước thải sinh hoạt tại các khu vực biển đảo sử dụng nước biển để dội rửa các khu vệ sinh, nên trước mắt, theo chúng tôi cần phải xây dựng và ban hành tiêu chuẩn cơ sở hoặc tiêu chuẩn quốc gia trong lĩnh vực quân sự (TCVN/QS) về nước thải sinh hoạt trong điều kiện sử dụng nước biển để dội rửa, phù hợp với điều kiện thực tế, nhất là với các đảo xa bờ, các đơn vị quân đội vùng biển đảo.

4. KẾT LUẬN

- Hệ thống nhà vệ sinh năng lượng mặt trời, sử dụng nước biển được thiết kế, chế tạo với quy mô 25 người sử dụng/ngày. Sau 06 tháng đưa vào vận hành, hệ thống hoạt động ổn định, chưa có dấu hiệu ăn mòn.

- Hiệu quả xử lý chất thải của hệ thống nhà vệ sinh được đánh giá thông qua chất lượng bùn kỵ khí và nước thải đầu ra. Chất lượng bùn kỵ khí đảm bảo các thông số: mật độ vi khuẩn tổng số $\sim 10^8$ MPN/ml, mật độ methanogen là $\sim 10^5$ MPN/ml, SMA đạt $0,85 \pm 0,051$ gCOD-CH₄/gVSS.ngày. Các chỉ tiêu phân tích nước thải sau xử lý cơ bản đạt dưới ngưỡng quy định tại cột B/QCVN 14:2008/BTNMT.

Lời cảm ơn: Công trình thuộc đề tài “Thử nghiệm thực tế hệ thống nhà vệ sinh năng lượng mặt trời, sử dụng nước biển tại khu vực quần đảo Trường Sa” (cấp Trung tâm Nhiệt đới Việt - Nga) do Phân viện Công nghệ sinh học chủ trì phối hợp với một số đơn vị thuộc Quân chủng Hải quân triển khai thực hiện.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Đỗ Huy Cường, *Biến động môi trường lớp phủ và Giải pháp phát triển bền vững tại các đảo san hô khu vực quần đảo Trường Sa*, Sách chuyên khảo, 2020, Viện hàn lâm KH&CN Việt Nam.
2. Nguyễn Văn Hoàng, Nguyễn Văn Huống, *Hiện trạng và giải pháp giảm thiểu ô nhiễm môi trường các đơn vị đóng quân trên đảo*, Báo cáo tại Hội thảo Quân đội với nhiệm vụ bảo vệ môi trường, 2016, Hà Nội.
3. <http://www.wsd.gov.hk>
4. Zarko K., Zeljko K., *Comparison of marine sewage treatment systems*, University of Dubrovnik, Maritime department, Croatia, 2011.
5. Đỗ Thị Thu Hồng, *Hoàn thiện công nghệ xử lý chất thải người và rác thải hữu cơ phù hợp với điều kiện thực tế tại nhà giàn DK1 và các đảo*, Báo cáo nghiệm thu đề tài KH&CN cấp Trung tâm Nhiệt đới Việt - Nga, 2019.
6. Widdel F., Bak F., *Gram-negative mesophilic sulfate-reducing bacteria*, The Prokaryotes, 1992, pp 3352-3378.
7. Wang Q., Garrity G. M., Tiedje J. M., Cole J. R., *Naive Bayesian classifier for rapid assignment of rRNA sequences into the new bacterial taxonomy*, Appl Environ Microbiol., 2007, **73**(16):5261-7.

8. Hussain A., Dubey S. K., *Specific methanogenic activity test for anaerobic degradation of influents*, Applied Water Science, 2017, **7**:535-542.
9. American public health association (APHA), *American water works association, water environment federation*, Standard methods for the examination of water and wastewater, 21st edition, Washington DC, USA, 2005.
10. Francese A., Cordoba P., Duran J., Sineriz F., *High upflow velocity and organic loading rate improve granulation in upflow anaerobic sludge blanket reactors*, Water Research, 1998, **39**:1123-1133.
11. Lu Q., Yi J., Yang D., *Comparative analysis of performance and microbial characteristics between high-solid and low-solid anaerobic digestion of sewage sludge under mesophilic conditions*, Journal Microbiology Biotechnology, 2016, **26**(1):110-119.
12. Nguyễn Thị Thanh, *Nghiên cứu quá trình tạo bùn hạt trong hệ thống UASB nhằm xử lý nước thải sơ chế mù cao su*, Luận án tiến sỹ Công nghệ sinh học, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội, 2016.
13. Shin H. S., Han S. K., Song Y. C., Lee C. Y., *Performance of UASB reactor treating leachate from acidogenic fermenter in the two-phase anaerobic digestion of food waste*, Water Reseach, 2010, **35**(14):3441-3447.

Nhận bài ngày 22 tháng 6 năm 2021

Phản biện xong ngày 06 tháng 10 năm 2021

Hoàn thiện ngày 04 tháng 11 năm 2021

(1) Phân viện Công nghệ sinh học, Trung tâm Nhiệt đới Việt - Nga

(2) Trung tâm chuyển giao Công nghệ mới, Trung tâm Nhiệt đới Việt - Nga

(3) Chi nhánh phía Nam, Trung tâm Nhiệt đới Việt - Nga

(4) Cục Hậu cần, Quân chủng Hải quân