

MÔ PHỎNG LAN TRUYỀN Ô NHIỄM AMONI TỪ NGHĨA TRANG CÔN ĐẢO ĐẾN CÁC TẦNG CHỨA NƯỚC DƯỚI ĐẤT ĐẢO CÔN SƠN

Nguyễn Thị Minh Trang; Nguyễn Lê Duy Luân

Đại học Kiến trúc Tp. Hồ Chí Minh

Tóm tắt: Đánh giá tiềm năng phát thải ô nhiễm của nghĩa trang đến các tầng chứa nước dưới đất bên dưới là một bài toán phức tạp. Bên cạnh các công tác quan trắc lấy mẫu, phân tích nồng độ ô nhiễm trong đất và nước dưới đất và định vị vùng ô nhiễm thì việc ứng dụng mô hình toán nhằm mô phỏng và dự báo khả năng lan truyền chất ô nhiễm từ nghĩa trang là một cách tiếp cận và giải quyết vấn đề có ý nghĩa thực tiễn. Trong bài báo này, mô hình MT3DMS thuộc phần mềm GMS 10. được đề xuất sử dụng nhằm mô phỏng và xác định khả năng lan truyền ô nhiễm NH_4^+ - một trong các chất gây ô nhiễm nước dưới đất, có nguồn gốc từ quá trình phân hủy xác người ở nghĩa trang lâu năm Côn Đảo. Kết quả cho thấy, sự lan truyền amoni từ nghĩa trang Côn Đảo đến tầng chứa nước dưới đất của Thung lũng Côn Sơn, huyện Côn Đảo đã xảy ra.

Từ khóa: Mô hình nước dưới đất, GMS, lan truyền ô nhiễm.

Summary: Assessing the groundwater pollution potential of cemetery is an complex issue. In addition to monitoring, sampling, analyzing the soil and groundwater samples and locating contaminated areas, the application of mathematical models to simulate and predict the potential transport of contaminants arising from the cemeteries is an approach and solving problems with practical significance. In this paper, MT3DMS modular of GMS 10. software is used to simulate, identify the pollution potential of Con Dao cemetery, particularly the transport of ammonium solute - one of the groundwater contaminants which is derived from the decomposition of bodies at Con Dao cemetery. Results show the transport of ammonium solute into Con Son groundwater aquifers had occurred for a long time.

Keywords: groundwater model, GMS, contaminant transport.

GIỚI THIỆU

Tại các vùng biển đảo, việc khai thác và cung cấp nguồn nước sạch phục vụ cho nhu cầu sinh hoạt của cư dân biển đảo là một trong những vấn đề cấp thiết. Với vị trí xa đất liền và nguồn nước mặt thường hữu hạn thì việc khai thác và sử dụng nguồn nước dưới đất (NDĐ) là sự lựa chọn của phần lớn cư dân vùng biển. Tuy nhiên, song hành cùng với tốc độ tăng dân số, sự phát triển nhanh du lịch biển và sự gia tăng xả thải từ sinh hoạt của người dân và đặc biệt

từ các bãi chôn lấp chất thải thì mức độ ô nhiễm trong các tầng chứa NDĐ ở các vùng đảo ngày càng báo động. Với hình thức là bãi chôn lấp đặc biệt, các nghĩa trang lâu năm hoàn toàn có thể đóng góp chất ô nhiễm vào trong các tầng chứa nước nằm ngay dưới nghĩa trang. Quá trình lan truyền ô nhiễm bắt đầu diễn ra khi nước rỉ từ xác người thấm vào trong đất, phân tán và dần tiến sâu xuống các tầng chứa NDĐ – nằm ngay bên dưới ngôi mộ. Nước rỉ này có thể chứa dịch ứ đọng, các tác nhân gây bệnh, vi khuẩn và các sản phẩm phân hủy hữu cơ và vô cơ gây ô nhiễm nguồn NDĐ. Nếu nghĩa trang nằm trong khu vực có điều kiện địa chất và tự nhiên thuận lợi như ở vùng

Ngày nhận bài: 30/8/2017

Ngày thông qua phản biện: 09/10/2017

Ngày duyệt đăng: 22/12/2017.

biển đảo (đất cát, độ dốc địa hình cao, lượng mưa trung bình lớn và phần lớn là bổ cập cho nguồn NĐĐ) thì khả năng di chuyển của các dòng thấm chất ô nhiễm vào trong tầng chứa NĐĐ ngay dưới nghĩa trang có thể nhanh và dễ dàng hơn.

Với sự hỗ trợ của mô hình MT3DMS thuộc phần mềm GMS 10., bài báo mô phỏng quá trình lan truyền ô nhiễm amoni NH_4^+ (là chất ô nhiễm hòa tan được ghi nhận tồn tại liên tục trong suốt 10 năm quan trắc tại khu vực nghĩa trang Côn Đảo từ 2005 đến 2015) từ nghĩa trang Côn Đảo đến tầng chứa nước của Thung lũng Côn Sơn, huyện Côn Đảo. Việc mô phỏng quá trình lan truyền amoni từ nghĩa trang Côn Đảo được thực hiện trên nền tảng mô hình mô phỏng dòng chảy NĐĐ Modflow của Thung lũng Côn Sơn từ 2005 đến 2015 đã được hiệu chỉnh dựa trên số liệu thực địa.

1. CƠ SỞ LÝ THUYẾT CỦA MÔ HÌNH LAN TRUYỀN CHẤT Ô NHIỄM MT3DMS

Mô hình MT3DMS (Modular 3-D Multi-Species Transport Model) thuộc phần mềm GMS 10. được sử dụng để mô phỏng và dự báo quá trình lan truyền chất ô nhiễm trong các tầng chứa NĐĐ, đồng thời ước tính nồng độ chất ô nhiễm trong tầng chứa NĐĐ tại các thời điểm khác nhau. MT3DMS là một phiên bản mới, phát triển dựa trên module MT3D. MT3DMS tập hợp nhiều chọn lựa toàn diện hơn và có khả năng tính toán quá trình tải, phân tán và các phản ứng hóa học của chất ô nhiễm lan truyền trong NĐĐ dưới những điều kiện thủy lực tổng quát.

Theo [1] và [2], sự lan truyền chất ô nhiễm trong NĐĐ có bao gồm các phản ứng hóa học được mô tả bằng phương trình sau:

$$R_w \frac{\partial C_w}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x_i} \left(D_{i,w} \frac{\partial C_w}{\partial x_j} \right) - \frac{\partial}{\partial x_i} (v_i C_w) + \frac{q_s}{\theta} C_{s,w} \pm G_{R,w} \quad (1)$$

Trong đó:

C_w : nồng độ của chất ô nhiễm w , (mg/m^3);

t : thời gian, (ngày);

x_i : khoảng cách theo ba phương x, y, z , (m);

$D_{i,j,w}$: hệ số phân tán, ($\text{m}^2/\text{ngày}$);

q_s : lưu lượng thêm vào hoặc mất đi trên một đơn vị thể tích, ($\text{m}^3/\text{m}^3.\text{ngày}$);

θ : hàm lượng nước theo thể tích lỗ rỗng, không thứ nguyên;

$C_{s,w}$: nồng độ mất đi hoặc được bổ sung của chất ô nhiễm w , (mg/m^3);

v_i : vận tốc dòng chảy qua lỗ rỗng ($\text{m}/\text{ngày}$)

$R_{R,w}$: nhân tố tri hoãn lan truyền ô nhiễm, được tính theo công thức:

$$R_{R,w} = 1 + \frac{K_d C_w}{C_w}$$

ρ_b : khối lượng riêng của đất, (kg/m^3);

K_d : hệ số phân vùng, (m^3/kg);

$G_{R,w}$: tổng các phản ứng hóa học diễn ra trong dung dịch đất và NĐĐ.

Việc tìm ra hàm giải tích $C(x,y,z,t)$ cho phương trình (1) thường là rất khó. Trên thực tế, phương trình (1) được giải bằng phương pháp gần đúng. Phương pháp giải gần đúng được áp dụng trong MT3DMS là phương pháp đường đặc trưng Eulerian - Lagrangian với thuật toán MOC (Method of Characteristics).

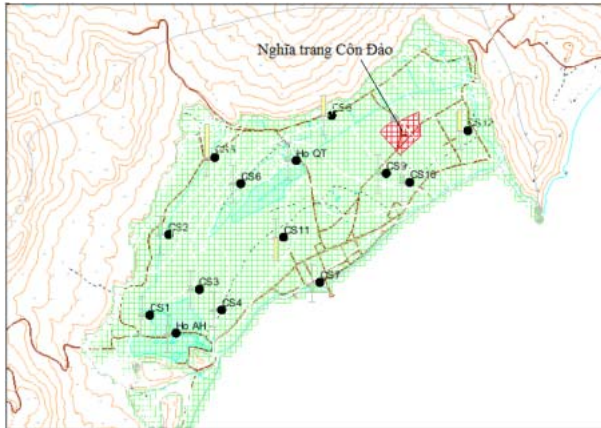
2. MÔ PHỎNG MÔ HÌNH LAN TRUYỀN AMONI TỪ NGHĨA TRANG CÔN ĐẢO ĐẾN TẦNG CHỨA NƯỚC DƯỚI ĐẤT CÔN SƠN TỪ NĂM 2005 ĐẾN 2015

Với vị trí nằm phía trước cổng nghĩa trang Côn Đảo (xem Hình 1) và thuận theo hướng dòng chảy NĐĐ của toàn Thung lũng Côn Sơn do đó:

- Trạm quan trắc NĐĐ quốc gia CS9 được xem là trạm ghi nhận số liệu chất lượng NĐĐ gần nghĩa trang nhất;

- Trong phạm vi nghiên cứu, các giá trị phân tích chất lượng NĐĐ của trạm CS9 được đề

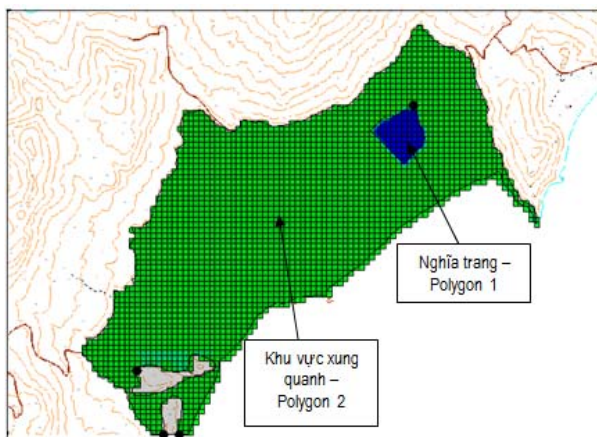
xuất là giá trị đại diện cho chất lượng NĐĐ của nghĩa trang Côn Đảo.



Hình 1. Vị trí nghĩa trang Côn Đảo và 12 trạm quan trắc nước dưới đất của Thung lũng Côn Sơn [3]

2.1. Sơ đồ hóa vùng nghiên cứu

Căn cứ trên mô hình dòng chảy NĐĐ Thung lũng Côn Sơn (MH DCNĐĐ Modflow - thuộc phần mềm GMS 10.) đã được thiết lập [3], vùng lập mô hình lan truyền amoni MT3DMS được chọn tương ứng như MH DCNĐĐ Modflow và được thể hiện ở Hình 2 dưới đây.

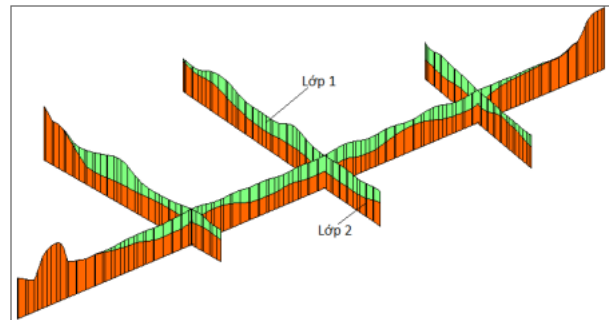


Hình 2. Sơ đồ hóa vị trí nghĩa trang Côn Đảo

Trong đó, thung lũng Côn Sơn được chia thành 02 polygon: polygon 1 – nghĩa trang Côn Đảo; polygon 2 – khu vực bao xung quanh nghĩa trang và phủ kín hết Thung lũng Côn Sơn.

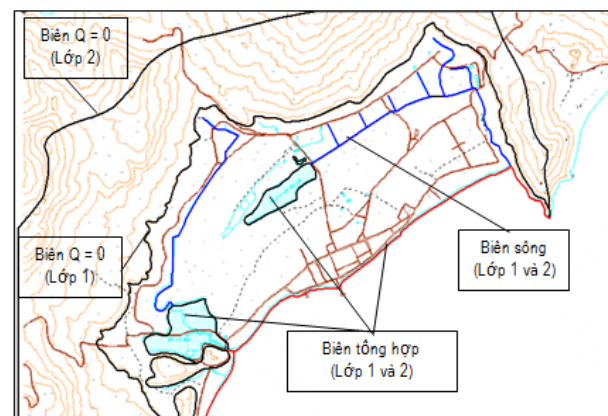
- Các lớp tính toán của mô hình lan truyền amoni được giữ nguyên theo MH DCNĐĐ

Modflow (bao gồm hai lớp [3] - xem Hình 3). Riêng khu vực nghĩa trang (polygon 1) nằm trong lớp 1.



Hình 3. Sơ đồ hóa các lớp tính toán Thung lũng Côn Sơn

- Đặc điểm thủy lực và điều kiện biên của toàn mô hình MT3DMS: được giữ nguyên theo MH DCNĐĐ Modflow Thung lũng Côn Sơn (xem Hình 4) [3].



Hình 4. Điều kiện biên của mô hình NĐĐ Modflow

2.2. Điều kiện mô hình

- Mô hình lan truyền ô nhiễm amoni MT3DMS được xây dựng trên cơ sở MH DCNĐĐ Modflow từ năm 2005 đến năm 2015 đã được hiệu chỉnh, với lưu lượng khai thác: từ 2.175 đến 2.947 m³/ngày, trung bình 2.448 m³/ngày.

- Các thông số địa chất thủy văn (ĐCTV) bao gồm: hệ số thấm, hệ số nhả nước được xác định dựa trên các kết quả bơm thí nghiệm của Liên đoàn Quy hoạch và Điều tra Tài nguyên NĐĐ Miền Nam năm 2005. Các thông số

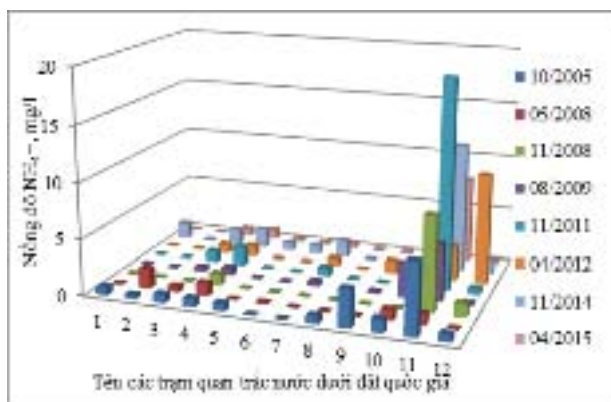
ĐCTV này không thay đổi trong suốt thời gian tính toán.

- Các thông số về đặc điểm cơ lý đất (CLĐ) bao gồm độ rỗng, dung trọng đất, thành phần hạt được xác định dựa trên các kết quả phân tích các mẫu đất Côn Sơn do Phòng nghiên cứu nền móng và địa kỹ thuật thuộc Viện Khoa học Thủy lợi Miền Nam thực hiện vào tháng 08 năm 2016. Các thông số CLĐ không thay đổi trong suốt thời gian tính toán.

- Các dữ liệu đầu vào cho mô hình lan truyền MT3DMS bao gồm:

+ Nồng độ NH_4^+ của nghĩa trang (polygon 1) được lấy bằng giá trị nồng độ NH_4^+ ghi nhận tại trạm quan trắc CS9 từ 2005 đến 2015 (xem Hình 5).

+ Nồng độ NH_4^+ tại 11 trạm quan trắc còn lại (từ CS1 đến CS12, ngoại trừ CS9) được lấy bằng giá trị nồng độ NH_4^+ ghi nhận tại các trạm quan trắc này tương ứng từ 2005 đến 2015 (xem Hình 5).



Hình 5. Nồng độ NH_4^+ tại 12 trạm quan trắc nước dưới đất của Thung lũng Côn Sơn từ 2005 đến 2015 [4][5]

+ Nồng độ NH_4^+ của toàn khu vực nghiên cứu (polygon 2) được giả định bằng 0 mg/l. Điều này có nghĩa là xét tại thời điểm bắt đầu mô phỏng năm 2005, môi trường xung quanh nghĩa trang được giả định không chịu bất kỳ một tác động gây ô nhiễm amoni nào, ngoại trừ nghĩa trang là nguồn phát thải duy nhất.

+ Các hệ số ảnh hưởng đến quá trình lan

truyền NH_4^+ bao gồm hệ số phân tán D và hệ số phân vùng hấp phụ NH_4^+ K_d được xác định dựa trên kết quả thí nghiệm lan truyền chất chỉ thị tracer Cl^- và chất hòa tan NH_4^+ trên các ống cột đất Côn Sơn D90mm, được thu nhỏ theo tỷ lệ 1/30 so với phẫu diện đất thực tế của trạm quan trắc CS9. Trong đó, $D = 8.40 \text{ cm}^2/\text{h}$ và $K_d = 0.2265 \text{ l/kg}$.

- Bước tính toán trong mô hình lan truyền NH_4^+ MT3DMS là 1 bước/1 ngày.

2.3. Kết quả mô phỏng lan truyền amoni

2.3.1. Kết quả hiệu chỉnh

Mô hình lan truyền NH_4^+ từ nghĩa trang Côn Đảo đến tầng chứa nước Pleistocen của Thung lũng Côn Sơn được mô phỏng với 3.469 bước tính toán và được hiệu chỉnh bằng phương pháp thử dần để giảm sự khác biệt giữa nồng độ NH_4^+ quan trắc tại các trạm quan trắc và nồng độ NH_4^+ tính toán. Trong quá trình hiệu chỉnh, các hệ số phân tán, hệ số phân vùng hấp phụ NH_4^+ được điều chỉnh. Mức độ tin cậy của mô hình sau khi hiệu chỉnh được kiểm chứng bằng sai số trung bình quân phương hay độ lệch chuẩn (RMSE) giữa nồng độ NH_4^+ quan trắc thực tế và tính toán trên MT3DMS.

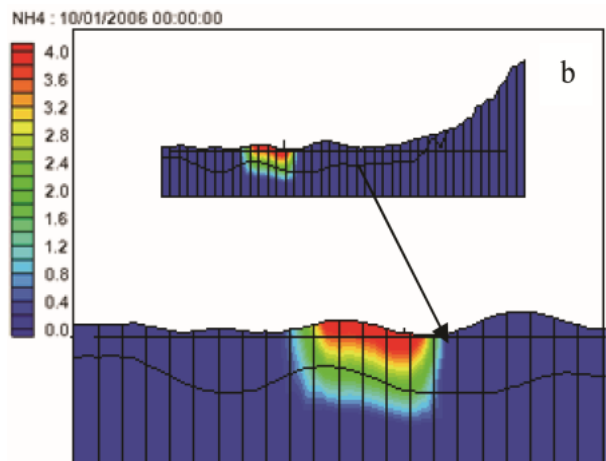
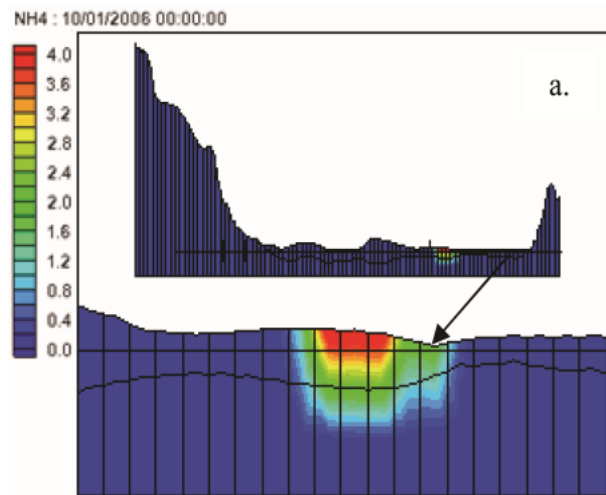
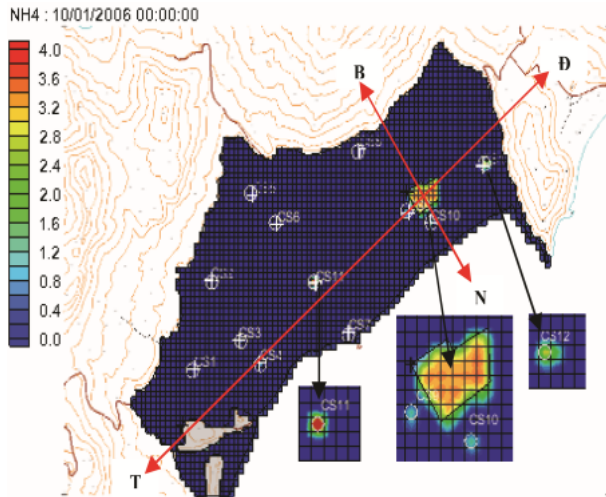
Sai số trung bình quân phương được tính theo công thức:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (C_{\text{NH}_4^+ \text{ ob.}} - C_{\text{NH}_4^+ \text{ sim.}})^2}$$

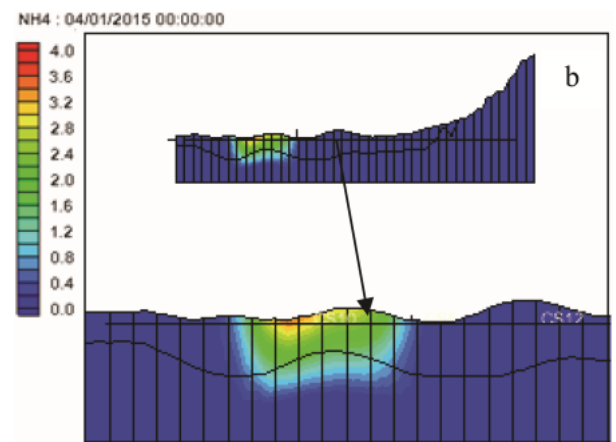
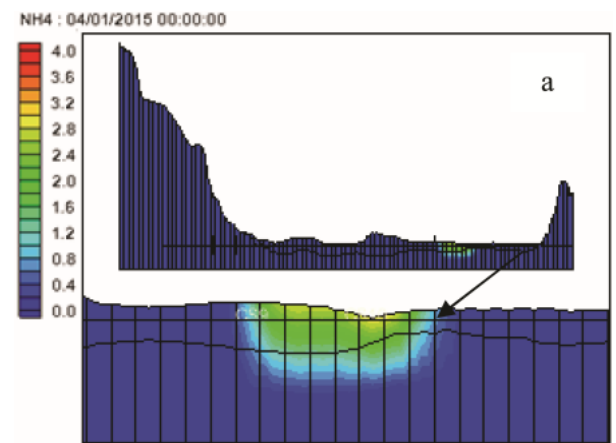
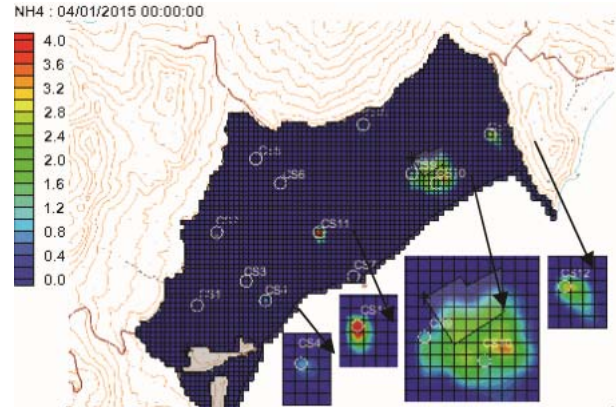
Trong đó: $C_{\text{NH}_4^+ \text{ ob.}}$ và $C_{\text{NH}_4^+ \text{ sim.}}$ lần lượt là nồng độ amoni quan trắc và tính toán tại 12 trạm quan trắc NĐĐ của Thung lũng Côn Sơn; n: số điểm chỉnh lý.

2.3.2. Kết quả mô phỏng

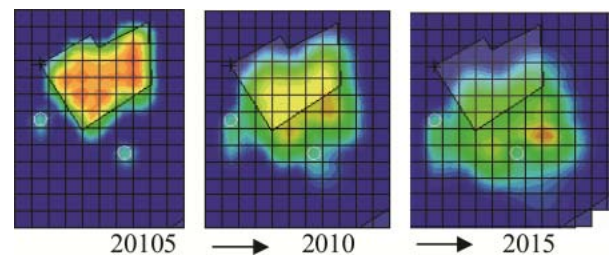
Kết quả lan truyền NH_4^+ từ nghĩa trang Côn Đảo bắt đầu từ 2006 đến 2015 được thể hiện ở Hình 6, 7 và 8 dưới đây.



Hình 6. Mô phỏng lan truyền và phân bố nồng độ NH_4^+ theo mặt cắt Đông Tây (a) và Nam Bắc (b) vào 2006

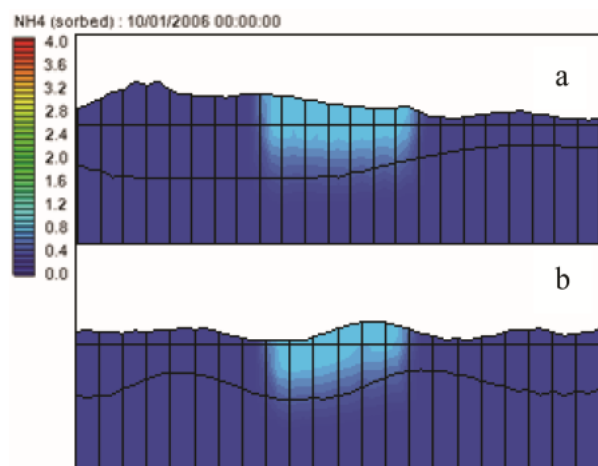
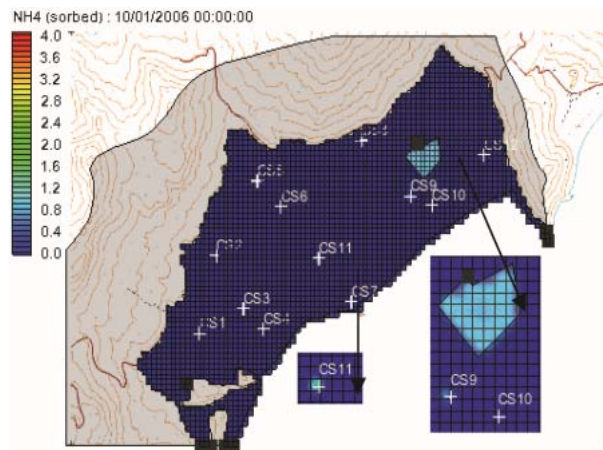


Hình 7. Mô phỏng lan truyền và phân bố nồng độ NH_4^+ theo mặt cắt Đông Tây (a) và Nam Bắc (b) vào 2015

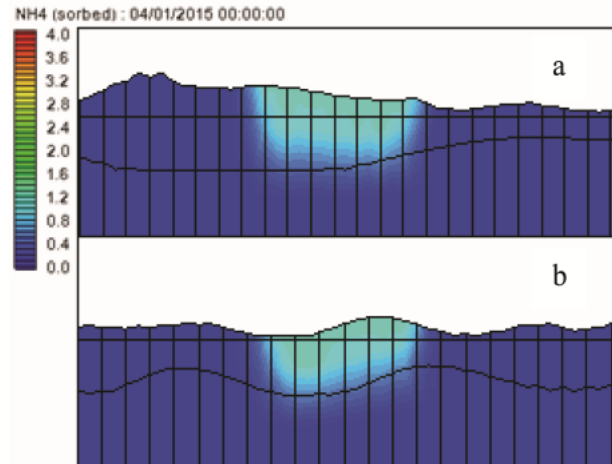
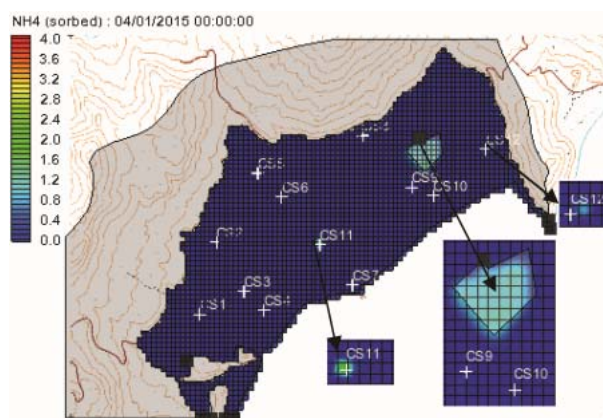


Hình 8. Mô phỏng lan truyền NH_4^+ trên mặt bằng từ 2005 đến 2015

Bên cạnh chức năng mô phỏng lan truyền chất ô nhiễm, mô hình MT3DMS còn mô phỏng sự hấp phụ chất ô nhiễm. Kết quả mô phỏng sự hấp phụ NH_4^+ vào 2006 và 2015 được thể hiện ở Hình 9, 10 và 11 dưới đây.



Hình 9. Mô phỏng sự hấp phụ và phân bố nồng độ NH_4^+ bị hấp phụ theo mặt cắt Đông Tây (a) và Nam Bắc (b) vào 2006



Hình 10. Mô phỏng sự hấp phụ và phân bố nồng độ NH_4^+ bị hấp phụ theo mặt cắt Đông Tây (a) và Nam Bắc (b) vào 2015

2.4. Đánh giá kết quả

Kết quả mô phỏng lan truyền NH_4^+ từ nghĩa trang Côn Đảo đến tầng chứa nước Pleistocen của Thung lũng Côn Sơn cho thấy:

- Hướng di chuyển của dòng ô nhiễm NH_4^+ tuân theo xu hướng dòng chảy NĐĐ là hướng Đông nam để thoát ra phía biển.
- Với trên 90% thành phần hạt chính trong đất và vật liệu hạt của tầng chứa nước Pleistocen là cát hạt mịn và cát hạt trung kết hợp với sự tồn tại nguyên thủy NH_4^+ từ địa hóa trong đất Côn Sơn rất thấp ($[\text{N}-\text{NH}_4^+]=0.15 \text{ mg}/100\text{g}$ và tổng hàm lượng chất hữu cơ TOC chiếm 0.36%) nên quá trình lan truyền NH_4^+ trong dung dịch đất và tầng chứa nước Pleistocen ít chịu ảnh hưởng của sự hấp phụ amoni mà phần lớn chịu tác động của sự chuyển tải - phân tán amoni và đặc biệt tác động của mưa. Điều này được thể hiện rõ trên Hình 8: sau 10 năm mô phỏng phạm vi vùng ô nhiễm NH_4^+ dần được mở rộng. Tuy tốc độ lan truyền ô nhiễm trên diện bằng và diện sâu tương đối chậm, cũng như dấu hiệu suy giảm nồng độ NH_4^+ chưa thể hiện rõ nét nhưng nhìn nhận từ diện tích mở rộng của vùng ô nhiễm có thể nhận thấy sự pha loãng nồng độ NH_4^+ từ nghĩa trang và từ một số trạm quan trắc (điểm

hình là trạm CS1) ra phạm vi khu vực bên ngoài đã xây ra.

- Tuy giá trị nồng độ NH_4^+ ghi nhận tại trạm CS9 từ năm 2008 đã cho thấy khả năng “sạch” NH_4^+ tại khu vực nghĩa trang [4] [5], nhưng kết quả mô phỏng thể hiện ở Hình 8 cho thấy, phần lớn NH_4^+ di chuyển theo hướng Đông Nam về phía biển và rất ít lan truyền sang phía Tây đến trạm CS9. Do đó không thể dựa trên kết quả nồng độ NH_4^+ tại trạm CS9 từ 2008 để kết luận rằng nghĩa trang Côn Đảo đã hết ô nhiễm NH_4^+ .

- Sự hấp phụ NH_4^+ trong dung dịch đất và NĐĐ Côn Sơn gia tăng tương ứng với thời gian mô phỏng.

3. MÔ PHỎNG LAN TRUYỀN NH_4^+ TỪ NGHĨA TRANG CÔN ĐẢO ĐẾN TẦNG CHỨA NĐĐ THEO THỜI GIAN HỒI TỐ TỪ QUÁ KHỨ

Một trong những dữ liệu đầu vào quan trọng cho mô hình lan truyền chất ô nhiễm MT3DMS là nồng độ chất ô nhiễm. Việc xác định nồng độ chất ô nhiễm thông thường được thực hiện bằng phương pháp quan trắc và phân tích mẫu thực địa. Tuy nhiên, đối với hình thức chôn lấp đặc biệt như nghĩa trang thì công việc xác định nồng độ ô nhiễm thực địa rất khó khả thi, nhất là đối với các nghĩa trang lâu năm như nghĩa trang Côn Đảo. Vì vậy, trong phạm vi đề tài đề xuất xác định nồng độ ô nhiễm NH_4^+ ban đầu phát thải từ nghĩa trang Côn Đảo bằng cách ước tính dựa trên số người đã được chôn cất tại nghĩa trang.

Theo ghi nhận của Sở Văn hóa, Thể thao và Du lịch tỉnh Bà Rịa Vũng Tàu, nghĩa trang Côn Đảo hiện tại là tiền thân của nghĩa địa Hàng Dương, được đưa vào hoạt động vào năm 1940 (sau khi các nghĩa địa Chuông Bò, Hòn Cau và Hàng Keo kín chỗ chôn cất) và từ 1975 đến nay, nghĩa trang Côn Đảo không còn tiếp nhận thêm việc chôn cất nữa. Trong khoảng thời gian 35 năm (từ 1940 đến 1975), ước tính có khoảng 6000 người đã được chôn

cất tại nghĩa trang này [6]. Tuy nhiên số người được chôn cất tại nghĩa trang theo từng năm trong quá khứ không được ghi nhận cụ thể. Với mục tiêu chính là nghiên cứu khả năng và thời gian lan truyền NH_4^+ trong tầng Pleistocen (tính từ thời điểm NH_4^+ bắt đầu phát thải từ nghĩa trang vào tầng chứa nước đến khi nồng độ NH_4^+ nằm dưới mức cho phép theo QCVN 09:2009/BTNMT), đề xuất nhìn nhận con số 6000 là tổng số người đã được chôn cất tại nghĩa trang Côn Đảo.

Thông thường mất từ 10 đến 12 năm để một xác người phân hủy hoàn toàn. Trong năm đầu tiên sau khi được chôn cất, khối lượng NH_4^+ phát thải từ xác người được ước tính bằng 0.87kg và giảm dần trong các năm tiếp theo (xem Bảng 1) [7].

Bảng 1. Khối lượng các chất ô nhiễm (kg) giải phóng từ một xác người nặng 70kg [7]

Năm	TOC	NH_4	P	SO_4	Cl	Fe
1	6.00	0.87	0.250	0.210	0.048	0.020
2	3.00	0.44	0.125	0.110	0.024	0.010
3	1.50	0.22	0.063	0.054	0.012	0.005
4	0.75	0.11	0.032	0.027	0.006	0.003
5	0.37	0.05	0.016	0.012	0.003	0.001
6	0.19	0.03	0.008	0.006	0.002	<0.001
7	0.10	0.01	0.004	0.003	<0.001	<0.001
8	0.50	<0.01	0.002	0.001	<0.001	<0.001
9	0.02	<0.01	0.001	<0.001	<0.001	<0.001
10	0.01	<0.01	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

Từ Bảng 1 có thể ước tính được tổng khối lượng NH_4^+ phát thải từ một xác người nặng 70kg trong thời gian 10 năm phân hủy bằng 1.73kg.

Bên cạnh đó, theo nghiên cứu của [8] tại các nghĩa trang lớn nhỏ tại Vương quốc Anh thì lượng nước rỉ từ xác người được ước tính dựa trên diện tích các mộ phần được trình bày ở Bảng 2 dưới đây.

Bảng 2. Bảng ước tính lượng nước rỉ từ xác người tại các nghĩa trang nhỏ (I) và lớn (II) ở Vương quốc Anh [8]

Năm	Diện tích mộ phần lũy tích, m ²		Lượng nước rỉ hàng năm, lít	
	I	II	I	II
1	125	4.375	25.000	918.750
2	250	8.750	50.000	1.837.500
3	375	13.125	75.000	2.756.250
4	500	17.500	100.000	3.675.000
5	625	21.875	125.000	4.593.750
6	750	26.250	150.000	5.512.500
7	875	30.625	175.000	6.431.250
8	1000	35.000	200.000	7.350.000
9	1125	39.375	225.000	8.268.750
10	1250	43.750	250.000	9.187.500

Do các số liệu cụ thể về hiện trạng cũng như quá trình hoạt động của nghĩa trang Côn Đảo không được lưu trữ nên bên cạnh sự giả định tổng số người đã được chôn cất tại nghĩa trang là 6000 người, đề xuất giả định diện tích nghĩa trang khi mới đưa vào hoạt động có giá trị thấp nhất theo Bảng 2 là bằng 125m². Từ đây có thể ước tính được hai giá trị nồng độ:

- Nồng độ NH₄⁺ phát thải lớn nhất bằng 415.2mg/l, tương ứng với giả định 6000 người cùng được chôn cất tập thể trong khuôn viên 125m².

- Tương ứng với với 6000 người đã được chôn cất trong 35 năm thì nồng độ NH₄⁺ phát thải trung bình năm là 11.86mg/l (từ 1940 đến 1975).

Tuy nhiên các giá trị 11.86 mg/l và 415.2mg/l chỉ mang tính chất ước tính theo giả thuyết, có thể không trùng khớp với nồng độ NH₄⁺ nguyên gốc đã phát thải từ nghĩa trang trong quá khứ. Vì vậy, trong quá trình mô phỏng lan truyền NH₄⁺ từ thời điểm quá khứ 1940 đến hiện tại 2015, giá trị nồng độ NH₄⁺ cần được điều chỉnh nhằm thu được kết quả tương thích

nhất với số liệu nồng độ thực tế được ghi nhận từ 2005 đến 2015 (theo số liệu của [4] và [5]).

3.1. Mục tiêu mô hình

- Xác định khoảng thời gian lan truyền NH₄⁺ tính từ thời điểm nghĩa trang bắt đầu phát thải NH₄⁺ đến khi nồng độ NH₄⁺ giảm xuống dưới mức cho phép khi mô phỏng theo lịch sử hoạt động của nghĩa trang Côn Đảo (nghĩa trang hoạt động từ 1940 đến 1975) - Trường hợp 1;

- Xác định vùng phân bố ô nhiễm NH₄⁺ nếu giả định nghĩa trang vẫn tiếp nhận việc chôn cất đến 2015 - Trường hợp 2.

3.2. Điều kiện mô hình

- Mô hình lan truyền NH₄⁺ từ 1940 đến 2015 được xây dựng trên cơ sở mô hình lan truyền NH₄⁺ theo hiện trạng từ 2005 đến 2015 đã được hiệu chỉnh.

- Các thông số ĐCTV, CLĐ và các hệ số ảnh hưởng đến quá trình lan truyền không thay đổi trong suốt thời gian tính toán.

- Nồng độ NH₄⁺ đầu vào cho mô hình lan truyền MT3DMS bao gồm:

+ Tại khu vực nghĩa trang Côn Đảo - polygon 1:

Trường hợp 1 (TH1): nồng độ NH₄⁺ phát thải từ nghĩa trang Côn Đảo được giả định lớn nhất bằng 415.2mg/l vào 1940.

Trường hợp 2 (TH2): nồng độ NH₄⁺ phát thải từ nghĩa trang Côn Đảo trung bình năm được giả định bằng 11.86mg/l với thời gian phát thải kéo dài từ 1940 đến 2015.

+ Tại khu vực xung quanh nghĩa trang - polygon 2, giả định nồng độ NH₄⁺ bằng 0 mg/l.

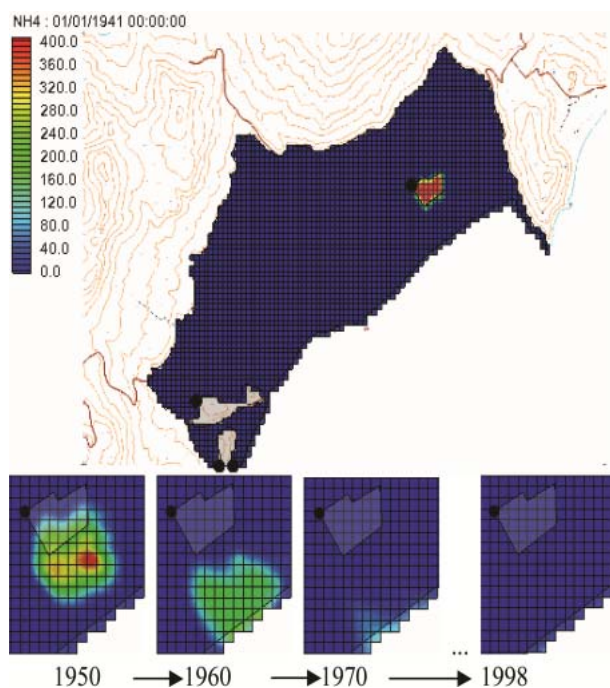
- Bước tính toán trong mô hình lan truyền NH₄⁺ trong quá khứ tương ứng là 1bước/1 ngày.

4.2. Kết quả mô phỏng

Mô phỏng lan truyền NH₄⁺ từ nghĩa trang Côn Đảo đến tầng chứa nước Pleistocen của Thung

lũng Côn Sơn từ 1940 đến 2015 được thực hiện với 27.484 bước tính toán. Kết quả mô phỏng trường hợp 1 và 2 được thể hiện tương ứng ở Hình 11 và Hình 12 dưới đây.

Trường hợp 1



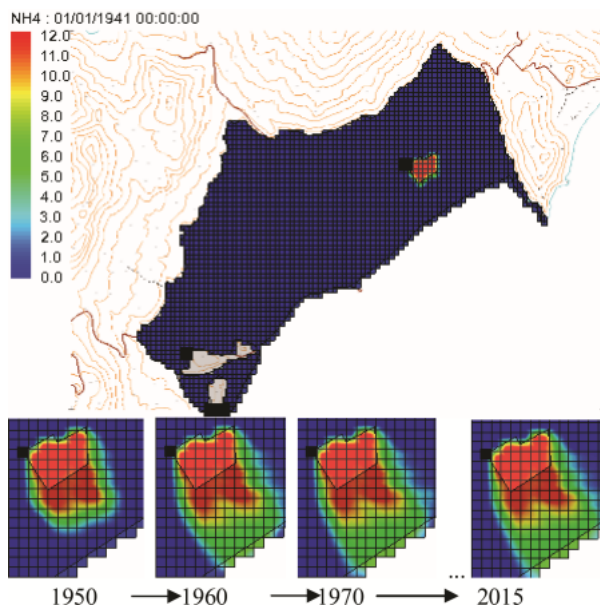
Hình 11. Mô phỏng lan truyền NH_4^+ từ 1940 đến 1998 - TH1

Nhận xét:

- Với nồng độ NH_4^+ phát thải giả định lớn nhất là 415.2mg/l (từ 1940 đến 1975), tổng thời gian lan truyền NH_4^+ từ nghĩa trang Côn Đảo xuống đến tầng chứa nước Pleistocen và ra đó thoát ra biển là 58 năm (tính từ 1940 đến 1998). Vì vậy, với giả định của trường hợp 1- nghĩa trang đã hoàn toàn kết thúc quá trình hoạt động từ 1975 thì NH_4^+ phát thải từ nghĩa trang Côn Đảo đã hoàn toàn loại bỏ ra khỏi tầng chứa nước Pleistocen của Thung lũng Côn Sơn.

- Quá trình lan truyền NH_4^+ tuân theo xu hướng dòng chảy NĐĐ nên vùng lan truyền NH_4^+ tập trung di chuyển theo hướng Đông Nam và đổ ra biển mà không lan rộng sang phía khác xung quanh nghĩa trang.

Trường hợp 2



Hình 12. Mô phỏng lan truyền NH_4^+ từ 1940 đến 2015 - TH2

Nhận xét:

- Với nồng độ NH_4^+ phát thải giả định trung bình năm (từ 1862 đến 2015) là 11.86mg/l thì quá trình lan truyền NH_4^+ từ nghĩa trang Côn Đảo đến tầng chứa nước Pleistocen của Thung lũng Côn Sơn vẫn tiếp tục diễn ra.

- Do vị trí giáp biển và hướng thoát chính ra biển nên phạm vi ảnh hưởng ô nhiễm NH_4^+ phát thải từ nghĩa trang không quá rộng, ước tính khoảng 350.000m² tính từ biên ngoài nghĩa trang đến biên biển theo hướng Đông Nam.

4. KẾT LUẬN

Dựa trên nền tảng mô hình dòng chảy NĐĐ Modflow của Thung lũng Côn Sơn, mô hình mô phỏng lan truyền amoni MT3DMS thuộc phần mềm GMS 10. được xây dựng nhằm mô phỏng và xác định khả năng lan truyền ô nhiễm NH_4^+ - một trong các chất gây ô nhiễm nguồn NĐĐ, có nguồn gốc từ quá trình phân hủy xác người ở nghĩa trang lâu năm Côn Đảo. Kết quả mô phỏng lan truyền NH_4^+ theo số liệu hiện trạng từ 2005 đến 2015 cho thấy, sự lan truyền NH_4^+ từ nghĩa trang Côn Đảo đến tầng chứa nước dưới đất của Thung lũng Côn Sơn, huyện Côn Đảo đã xảy ra với giả định

nồng độ NH_4^+ phát thải từ nghĩa trang bằng nồng độ NH_4^+ được ghi nhận tại trạm quan trắc NĐĐ CS9 vào năm 2005. Sự lan truyền NH_4^+ từ nghĩa trang diễn ra tuân theo hướng dòng chảy NĐĐ: chảy theo hướng Đông Nam và dần thoát ra biển. Bên cạnh đó, với điều kiện tự nhiên và địa chất thủy văn thuận lợi nên quá trình lan truyền NH_4^+ từ dung dịch đất vào trong tầng chứa nước Pleistocen ở Thung lũng Côn Sơn ít chịu ảnh hưởng của sự hấp phụ amoni mà phần lớn chịu tác động của sự chuyển tải - phân tán amoni trong NĐĐ.

Với việc mô phỏng hồi tố lan truyền NH_4^+ trong quá khứ từ 1940 đến 2015 theo hai trường hợp giả định nghĩa trang đã dừng hoạt động từ 1975 (trường hợp 1) và nghĩa trang vẫn tiếp tục tiếp nhận chôn cất người mất (trường hợp 2) đã cho thấy các đặc điểm lan truyền NH_4^+ quan trọng như sau:

- Trường hợp 1: quá trình lan truyền NH_4^+ kéo dài 58 năm từ 1940 đến 1998 với nồng độ NH_4^+ phát thải ban đầu bằng 415.2mg/l. Với nồng độ giả định này thì xét đến thời điểm 2005 - 2015, tầng chứa nước Pleistocen của Thung lũng Côn Sơn đã hoàn toàn “sạch” NH_4^+ .

- Trường hợp 2: quá trình lan truyền vẫn tiếp tục diễn ra và vùng ô nhiễm NH_4^+ ước tính vào khoảng 350.000m² tính từ biên ngoài nghĩa trang đến biên biển theo hướng Đông Nam

Việc mô phỏng lan truyền NH_4^+ nói riêng hay chất ô nhiễm hòa tan phát thải từ nghĩa trang đến các tầng chứa NĐĐ bên dưới nghĩa trang có ý nghĩa quan trọng trong việc quy hoạch và quản lý các bãi chôn lấp, đồng thời góp phần xây dựng và củng cố cơ sở khoa học để có thể áp dụng hợp lý các biện pháp xử lý ô nhiễm ngay tại các bãi chôn lấp đặc biệt này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] C. W. Fetter, “Contaminant Hydrogeology,” New York: Macmillan Publishing Company, 1992.
- [2] M.Th.Van Genuchten, R.J. Wagenet, “Two-site/two-region models for pesticide transport and degradation: theoretical development and analytical solutions,” Soil Sci. Soc. Am. J. 53, 1989, pp.
- [3] Nguyễn Thị Minh Trang, Lê Đình Hồng, Võ Khắc Trí, “Dự báo dòng chảy nước dưới đất ở đảo Côn Sơn theo kịch bản Biến đổi khí hậu,” Tạp chí Khoa học và Công nghệ Thủy lợi số 33, 06/2016, trang 39–49.
- [4] Các báo cáo quan trắc và phân tích chất lượng nước dưới đất vùng Côn Đảo từ năm 2005 đến 2015, Sở Tài Nguyên & Môi trường Tỉnh Bà Rịa Vũng Tàu.
- [5] Báo cáo vận hành mạng quan trắc tài nguyên nước trên địa bàn Huyện Côn Đảo, Liên đoàn Quy hoạch và Điều tra Tài nguyên nước Miền Nam, 2015.
- [6] <http://www.bariavungtautourism.com.vn/diem-den-du-lich/khu-du-lich-van-hoa/w385-nghia-trang-hang-duong.htm>
- [7] Environment Agency for England and Wales, “Assesing The Groundwater Pollution Potential of Cemetery Developments,” National Groundwater and Contaminated Land Centre, Solihull, 2004.
- [8] C.P. Young et al., “Pollution Potential of Cemeteries,” R & D Technical Report P223, Environment Agency, 2002.