

MÔ PHỎNG, TÍNH TOÁN DÒNG CHẢY VÀ QUÁ TRÌNH TRUYỀN TẢI, KHUẾCH TÁN NƯỚC THẢI Ô NHIỄM TRONG HỒ

NGUYỄN TẮT THẮNG

Email: ntthang@imech.ac.vn

Viện Cơ học - Viện Khoa học và Công nghệ Việt Nam

Ngày nhận bài: 25 - 5 - 2011

1. Mở đầu

Nghiên cứu, mô phỏng và tính toán dòng chảy mặt thoáng và chất lượng nước mặt sử dụng các mô hình, phần mềm tính toán tự phát triển và các phần mềm thương mại đã được thực hiện từ lâu tại các nhóm nghiên cứu về cơ học chất lỏng nói chung và tại Phòng Thủy khí Công nghiệp và Môi trường Lục địa, Viện Cơ học - Viện Khoa học và Công nghệ Việt Nam, nói riêng [11-14]. Nhìn chung, các mô hình đã được sử dụng là các mô hình một chiều hoặc hai chiều dựa trên việc giải số hệ phương trình Saint-Venant kết hợp với phương trình truyền tải, khuếch tán chất trong dòng chảy. Việc phát triển và ứng dụng rộng rãi các mô hình mô phỏng, tính toán dòng chảy và chất lượng nước dựa trên việc giải số hệ phương trình Navier-Stokes đầy đủ có xét đến ảnh hưởng của rối, còn nhiều hạn chế và chưa phổ biến. Các mô phỏng thông thường là đối với dòng chảy trong sông hay các miền thoát lũ với vận tốc dòng chảy tương đối lớn và thường bỏ qua ảnh hưởng của ứng suất gió trên bề mặt [11-14]. Các mô phỏng, tính toán dòng chảy và chất lượng nước trong các hồ chưa được quan tâm nhiều.

Trong điều kiện của Việt Nam nói chung và Hà Nội nói riêng có rất nhiều hồ lớn nhỏ liên quan đến nhiều lĩnh vực khác nhau của đời sống xã hội, từ các hồ tạo cảnh quan, điều hòa môi trường, chứa nước tưới tiêu, phân lũ tới các hồ thủy điện phục vụ sản xuất. Nhiều hồ có liên quan mật thiết tới đời sống của dân cư xung quanh và các vùng phụ cận. Sự tồn tại và giá trị tự nhiên của các hồ nhiều khi trở nên quá quen thuộc và được xem là mặc nhiên

trong khi sự hiểu biết thấu đáo về chúng chưa phải là đã hoàn toàn đầy đủ, đặc biệt là đối với các hồ có diện tích lớn và điều kiện tự nhiên phức tạp [2, 16]. Sự phát triển kinh tế xã hội trong cả nước đã và đang gây ảnh hưởng, từ mức độ nhẹ đến mức độ trầm trọng, tới điều kiện tự nhiên, môi trường của các hồ. Việc nghiên cứu để hiểu rõ điều kiện tự nhiên, dòng chảy và môi trường của các hồ cũng như ảnh hưởng của quá trình phát triển kinh tế xã hội, đô thị hóa và sản xuất công, nông nghiệp tới các hồ là cấp thiết. Với sự phát triển của khoa học kỹ thuật và công nghệ thông tin, các công cụ mô hình hóa, mô phỏng và tính toán dòng chảy, truyền tải và khuếch tán chất thải, vận tải và lắng đọng bùn cát, chất lượng nước ngày càng được hoàn thiện và phát triển. Các mô hình máy tính ngày nay đã đạt được độ chính xác cao và đã được sử dụng rộng rãi trong nghiên cứu, mô phỏng, tính toán dòng chảy và môi trường nước các sông, hồ, biển và đại dương. Trong số đó, một số phần mềm máy tính đã trở nên phổ biến và có thể được cung cấp miễn phí tới cộng đồng nghiên cứu khoa học trên thế giới. Việc khai thác sử dụng trực tiếp các phần mềm này tiết kiệm được rất nhiều thời gian, chi phí và đó chính là lợi ích thiết thực của quá trình toàn cầu hóa mang lại và cần được triệt để khai thác trong điều kiện của Việt Nam. Vì thế, chúng tôi đã tìm hiểu và khai thác chương trình toán EFDC và phần mềm giao diện EFDC_Explorer. EFDC (Environmental Fluid Dynamics Code) là chương trình tính toán dòng chảy, vận tải nhiệt, chất và chất lượng nước được Cục Môi trường Mỹ (EPA) tài trợ phát triển dựa trên việc giải số hệ phương trình Navier-Stokes đầy đủ, ba chiều sử dụng kết

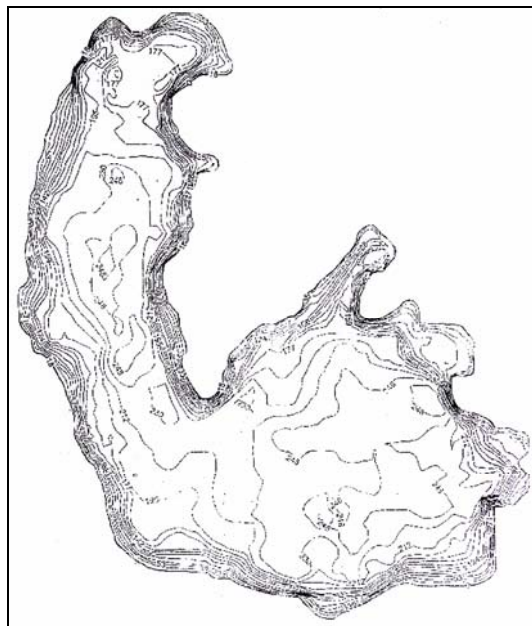
hợp phương pháp sai phân hữu hạn và phương pháp thể tích hữu hạn trên lưới cong trục giao tuyến tính có cấu trúc, sử dụng ngôn ngữ lập trình Fortran [1, 4]. Chương trình này liên tục được phát triển cập nhật, bổ sung các chức năng và hoàn thiện bởi nhiều nhóm nghiên cứu khác nhau trên thế giới [1]. Chương trình tính toán, mã nguồn mở và các tài liệu có liên quan của EFDC được EPA cung cấp miễn phí. Tại Việt Nam đã có một số nghiên cứu của các tác giả khác nhau sử dụng chương trình tính toán này và đã thu được kết quả tốt [2, 6, 9, 15]. Phần mềm giao diện EFDC Explorer được phát triển nhằm hỗ trợ các công đoạn thiết lập mô hình, chuẩn bị số liệu đầu vào, điều kiện biên, lưới tính toán, theo dõi quá trình tính toán, kết xuất dữ liệu và trình diễn đồ họa các kết quả tính toán. Phần mềm này được viết bằng ngôn ngữ Visual Basic, hết sức tiện dụng và thân thiện với người sử dụng [10].

Đối tượng của nghiên cứu này là hồ Tây thuộc thành phố Hà Nội, trung tâm văn hóa kinh tế xã hội của cả nước.

Nghiên cứu này nhằm làm sáng tỏ chế độ dòng chảy do gió trong hồ Tây, quá trình lan truyền, khuếch tán chất thải lơ lửng từ các nguồn nước thải gây ô nhiễm vào hồ trong một khoảng thời gian giữa mùa kiệt (thời gian mà ảnh hưởng của chất thải đến chất lượng nước hồ Tây là trầm trọng nhất do mực nước bị hạ thấp trong mùa khô). Các kết quả thu được có ý nghĩa thực tiễn cũng như có thể được sử dụng để đối chứng với các kết quả khảo sát môi trường hồ Tây đã được một số báo cáo khác đưa ra. Trên cơ sở đó, nghiên cứu đặt nền tảng cho việc làm chủ, khai thác phần mềm tính toán hết sức tiện dụng và hiệu quả EFDC và EFDC Explorer, hướng tới việc sử dụng hiệu quả công cụ này nghiên cứu dòng chảy, vận tải bùn cát và chất lượng nước nói riêng và hệ thống sông hồ, biển nói chung, đặc biệt là đánh giá ảnh hưởng của sự phát triển đô thị hóa, phát triển kinh tế, xã hội, sản xuất công, nông nghiệp đến các hệ thống sông hồ trong cả nước.

Nghiên cứu này bắt đầu từ việc thu thập các số liệu địa hình lòng hồ Tây. Số liệu cao trình lòng hồ (hình 1) được tham khảo theo [2]. Miền lòng hồ được chia thành lưới tính toán có cấu trúc dạng lưới cong trục giao tuyến tính. Các số liệu điều kiện biên (lưu lượng các cống thoát nước thải vào hồ trong mùa kiệt) được tham khảo theo [2]. Số liệu khí tượng (trường gió khu vực Hà Nội) được thu thập từ cơ sở dữ liệu khí tượng toàn cầu (website www.wunderground.com). Mô hình mô

phong tính toán cho hồ Tây được xây dựng và tính toán cho một khoảng thời gian mùa kiệt (số liệu gió được sử dụng trong khoảng thời gian từ 15/11/2010 đến 15/12/2010).



Hình 1. Bản đồ đường đồng mức cao trình đáy hồ Tây [2]

2. Điều kiện tự nhiên, khí tượng - thủy văn và môi trường của hồ Tây

2.1. Điều kiện tự nhiên

Hồ Tây là hồ lớn nhất của Hà Nội, nằm ở phía tây bắc thành phố, có vai trò quan trọng trong đời sống kinh tế, văn hóa, xã hội của thủ đô. Cùng với tốc độ đô thị hóa, sự can thiệp của con người đã và đang làm cho hồ Tây bị biến dạng, theo đó là ô nhiễm môi trường, mất đi nhiều loài thủy sản, đặc sản có giá trị [2, 16].

Theo các kết quả điều tra, khảo sát, diện tích hồ Tây hiện nay vào khoảng 526,16ha, chu vi 18.967m, chỗ rộng nhất là 3724m, chỗ hẹp nhất là 2618m, độ sâu trung bình 1,5-2,0m, nơi sâu nhất là 3,0m. Một số đo đạc cụ thể cho thấy phân bố độ sâu nước hồ như sau: cách bờ 1-2m, nông nhất là 0,6-0,7m; sâu nhất là 1,5-1,7m; cách bờ 15-20m nông nhất là 1,2-1,3m; sâu nhất là 2,0-2,4m; cách bờ từ 100m; từ 2,4 đến 2,8m.

Lượng nước trung bình khoảng 10 triệu mét khối. Hồ Tây có sự đa dạng sinh học cao và điển hình ở vùng đồng bằng sông Hồng [2, 16].

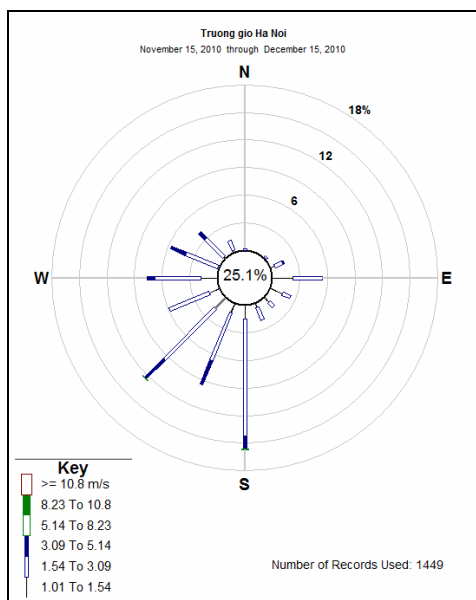
2.2. Điều kiện khí tượng - thủy văn

Theo số liệu đo đạc tại trạm Láng và Hoài Đức (Hà Nội), tổng lượng bức xạ đo đạc và tính toán được ở khu vực hồ Tây có giá trị cực đại là $304,5 \text{ cal/cm}^2 \cdot \text{ngày}$ (tháng 4); giá trị cực tiểu là $137,2 \text{ cal/cm}^2 \cdot \text{ngày}$ (tháng 1) [2].

Nhiệt độ không khí khu vực ven hồ nhìn chung thấp hơn khu vực khác trong thành phố và đạt giá trị cực đại nhiều năm vào tháng 7 ($29,1^\circ\text{C}$) và đạt giá trị cực tiểu vào tháng 1 (14°C). Độ ẩm không khí trung bình tháng dao động từ 80-90% và biến động theo mùa.

Lượng mưa khu vực hồ Tây biến động mạnh theo không gian và thời gian. Do ảnh hưởng của hồ nên chế độ mưa ở khu vực hồ Tây khác với các khu vực khác. Khu vực hồ thường hay có mưa với cường độ lớn hơn: mùa khô (tháng 10) lượng mưa trung bình đạt $0,7 \text{ mm/trận}$, mùa mưa (tháng 8) lượng mưa trung bình đạt $15,6 \text{ mm/trận}$. Chế độ bốc hơi chủ yếu phụ thuộc vào gió, nhiệt độ và bức xạ. Lượng bốc hơi ở giữa hồ bình quân dao động $3,7-5,0 \text{ mm/ngày}$.

Hướng gió thịnh hành ở giữa hồ trong mùa đông là bắc và đông bắc (hướng gió tới), và mùa hè là đông và đông nam. Tốc độ gió ở giữa hồ dao động $1,7-7 \text{ m/s}$ và đạt giá trị cực đại khoảng $7,3-12 \text{ m/s}$ (mạnh hơn các khu vực lân cận $2,1-4,8 \text{ m/s}$) (hình 2).



Hình 2. Phân bố vận tốc gió (hướng gió thổi đi) trong một tháng mùa khô (15/11/2010-15/12/2010, khu vực Hà Nội)

Số liệu gió đã được thu thập cho một tháng mùa khô (ví dụ của năm 2010) từ cơ sở dữ liệu khí tượng toàn cầu tại trang web www.wunderground.com. Gió có liên quan mật thiết và là yếu tố quan trọng nhất tạo nên dòng chảy trong hồ Tây.

2.3. Môi trường hồ Tây

Những năm gần đây mặt nước của hồ Tây bị thu hẹp dần và bị ảnh hưởng lớn bởi tốc độ đô thị hóa. Nhiều tổ chức, cá nhân thuộc các thành phần kinh tế đã đầu tư và phát triển dịch vụ, du lịch như Câu lạc bộ Hà Nội, Công viên nước, Du thuyền hồ Tây,... Một số diện tích ven bờ hồ đã được kê với mục đích tránh sạt lở và lấn chiếm nhưng hồ vẫn là nơi chứa các chất xả thải. Theo kết quả khảo sát của Trung tâm Môi trường Biển cùng với Viện Hóa học, Viện Khoa học và Công nghệ Việt Nam cho thấy: nước hồ Tây đang bị ô nhiễm khá nặng. Vùng ven bờ, đặc biệt là khu vực phía nam hồ, gần hồ Trúc Bạch, về mùa khô mức độ ô nhiễm theo một số chỉ tiêu có thể cao gấp 1000 lần so với mùa mưa [2, 8, 16].

Nguyên nhân chính gây ô nhiễm là do một lượng nước thải lớn của thành phố đổ trực tiếp vào hồ qua một số cống chính như cống Cây Sy ở đường Thanh Niên, cống Tàu Bay gần vườn hoa Lý Tự Trọng và cống Đờ phườn Thụy Khuê cộng với nước thải và một phần rác thải của các nhà hàng, khách sạn quanh hồ, trên hồ và cư dân xung quanh. Từ năm 2002, người ta đã phát hiện ốc ở hồ Tây bị mất vẩy, số lượng ốc còn sống sót bị suy giảm mạnh, còn con nào sống chỉ bé bằng 2/3 những con ốc cùng loại ở nơi khác. Phòng Sinh thái Môi trường nước thuộc Viện Sinh thái và Tài nguyên Sinh vật, Viện Khoa học và Công nghệ Việt Nam cho biết, trước đó họ chưa từng ghi nhận trường hợp ốc mất vẩy nào như thế. Giả thiết đưa ra là ốc mất vẩy do bị nhiễm độc. Bảng 1 dưới đây thống kê các nguồn nước thải chính đổ vào hồ [2, 16]:

Bảng 1. Danh sách các cống nước thải và lưu lượng thải vào hồ

STT	Tên cống	Lưu lượng mùa kiệt ($\text{m}^3/\text{ngày}$)	Lưu lượng mùa kiết (m^3/s)
1	Cống Tàu Bay	2592	0,030
2	Cống Cây Sy	10282	0,119
3	Cống Đờ	3268	0,042
4	Nhà nghỉ Quảng Bá	173	0,002
5	Khách sạn Tây Hồ	335	0,004
6	Khách sạn Thăng Lợi	320	0,004
7	Cống Trích Sài	518	0,006

Theo các điều tra, khảo sát, một số tham số chất thải lơ lửng (các kim loại nặng độc hại, độ đục, độ kiềm, HCO_3^- , vi khuẩn yếm khí, các coliform,...) thải vào hồ Tây từ các cống nước thải quanh hồ trong mùa kiệt có giá trị rất cao, từ vài trăm đến vài chục nghìn mg/l [2, 16].

Vấn đề ô nhiễm nước hồ Tây do các nguồn chất thải không những ảnh hưởng đến mỹ quan đô thị, môi trường sống mà còn tiềm ẩn nguy cơ lây lan các loại dịch bệnh đến các loài sinh vật sinh sống trong hồ cũng như các khu vực dân cư ven hồ.

3. Chương trình EFDC

Mô hình tính toán thủy động lực học và môi trường EFDC được Cục Môi trường Mỹ (EPA) tài trợ phát triển, xây dựng và liên tục được cập nhật, bổ sung hoàn thiện [4]. Chương trình tính toán EFDC gần đây cũng đã được kết hợp với mô hình vận tải bùn cát tạo điều kiện cho các mô phỏng, tính toán và nghiên cứu dòng chảy, vận tải bùn cát và xói mòn địa hình lòng dẫn được thực hiện dễ dàng hơn.

Chương trình tính toán EFDC giải xấp xỉ hệ phương trình Navier-Stokes sử dụng kết hợp các phương pháp sai phân hữu hạn và phương pháp thể tích hữu hạn, đồng thời kết hợp với việc giải các phương trình truyền tải và phương trình liên tục cho các thành phần độ mặn, nhiệt, năng lượng rối động học và rối cỡ lớn [5]. Các phương trình được giải trên hệ lưới cong tuyến tính trục giao theo phương ngang và trên hệ lưới co giãn theo phương

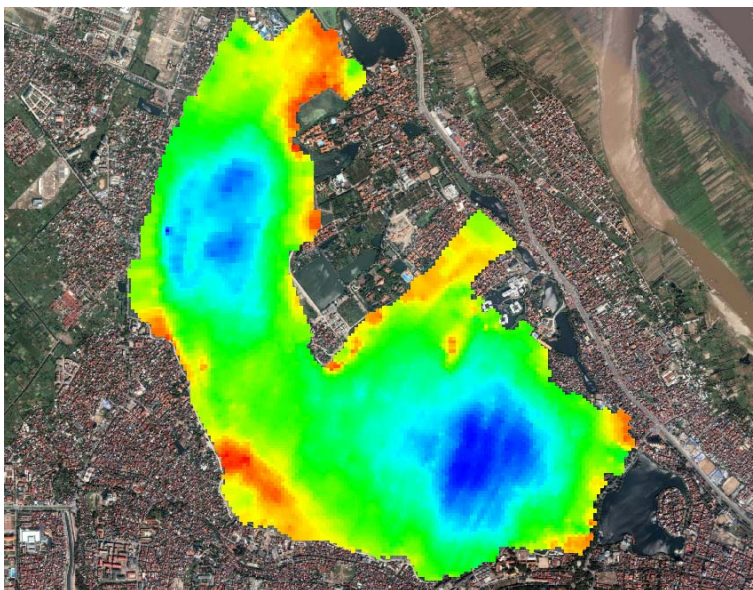
thẳng đứng [4, 5]. Các thành phần khuếch tán theo phương thẳng đứng của động năng, vật chất và nhiệt độ được xác định sử dụng các sơ đồ đóng kín rối Mellor và Yamada [7] và Galperin [3]. Mã nguồn chương trình EFDC được cung cấp miễn phí bởi Cục Môi trường Mỹ và đã và đang được áp dụng trong nhiều nghiên cứu thủy động lực học và môi trường nước các sông, hồ, các vùng biển và cửa sông nhiều nơi trên thế giới.

Hiện nay mô hình EFDC đã qua nhiều phát triển, cập nhật và gồm 4 modul chính: thủy động học, chất lượng nước, vận chuyển bùn cát, lan truyền, phân hủy các chất độc trong môi trường nước mặt. Mô hình thủy động lực học EFDC gồm 6 modul lan truyền vận chuyển, bao gồm: động lực học, màu sắc, nhiệt độ, độ mặn... Kết quả tính toán từ mô hình thủy động lực học (như độ sâu, vận tốc, tốc độ xáo trộn...) được kết hợp và sử dụng trực tiếp trong các modul còn lại như mô hình chất lượng nước, mô hình vận chuyển bùn cát và mô hình lan truyền, phân hủy độc chất.

4. Kết quả mô hình hóa, tính toán dòng chảy và truyền tải, khuếch tán nước thải ô nhiễm trong hồ Tây

4.1. Mô hình hóa

Miền mô phỏng tính toán lòng hồ được chia thành các ô lưới tính toán như trong hình 4 [10]. Trên cơ sở bản đồ đường đồng mức địa hình đáy hồ Tây (hình 1) và các số liệu thu thập được, cao trình đáy miền tính được xây dựng như trong hình 3 [2].



← Hình 3. Cao trình đáy hồ Tây [10]



Hình 4. Lưới tính toán gồm 12634 ô và các biên lưu lượng [2]

Danh sách các biên lưu lượng của các cống nước thải đổ vào hồ được cho trong bảng 1 và vị trí của các biên được trình bày trong hình 4. Nhìn chung trong số 7 cống thì chỉ có 3 cống là có lưu lượng đáng kể gồm các cống Tàu Bay, Cây Sậy và cống Đồi, trong đó cống Cây Sậy có lưu lượng lớn nhất (bảng 1).

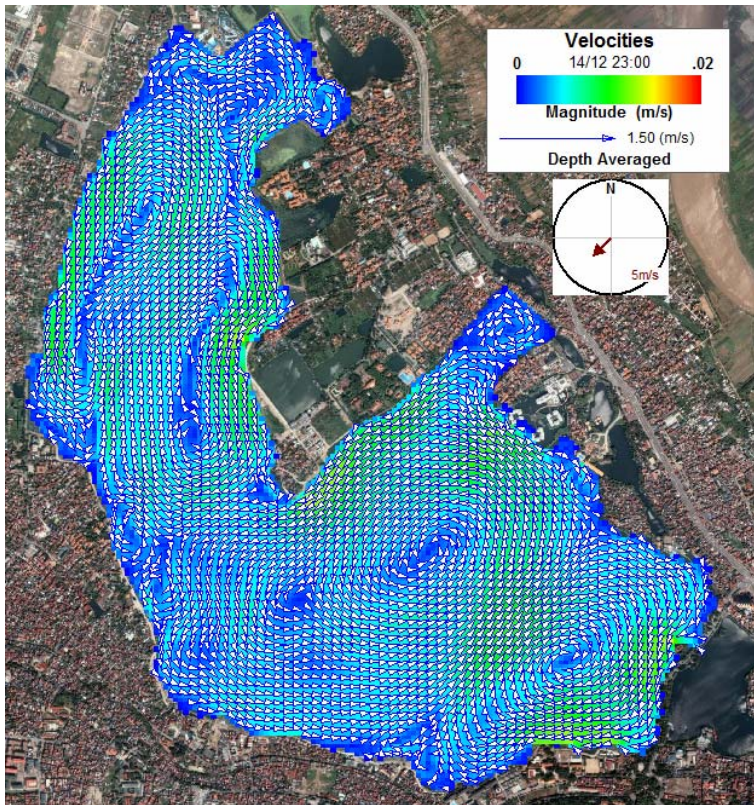
4.2. Kết quả mô phỏng, tính toán dòng chảy trong hồ Tây

Mô phỏng được thực hiện cho khoảng thời gian mùa khô (số liệu gió ở đây lấy đầu tháng 12/2010). Kết quả mô phỏng, tính toán trường vận tốc dòng chảy trong hồ tại thời điểm trường gió đông bắc điển hình được trình bày trong hình 5 dưới đây. Kết quả tính toán cho ta bức tranh toàn cảnh về dòng chảy trong vùng hồ Tây rộng lớn. Dòng chảy trong hồ sinh ra do ảnh hưởng của ứng suất gió trên bề mặt. Vận tốc dòng chảy, các vùng xoáy, phụ thuộc vào hướng và vận tốc gió cũng như điều kiện địa hình lòng dẫn. Các vùng xoáy thay đổi liên tục theo hướng gió. Tốc độ dòng chảy lớn nhất ở những vùng nước nông, chủ yếu là các vùng ven

bờ. Nhìn chung tốc độ dòng chảy lớn nhất khoảng vài centimet một giây (hình 5).

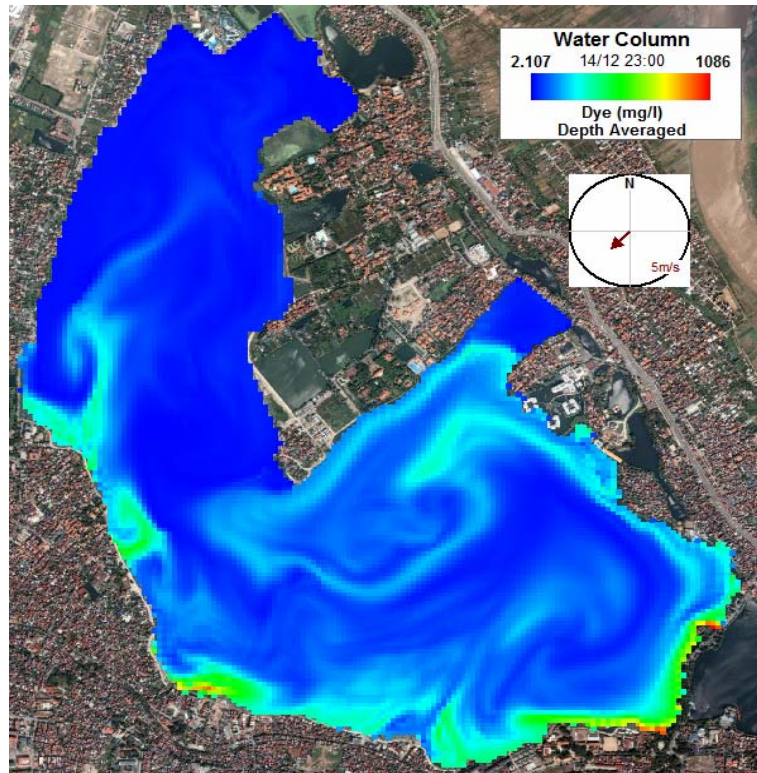
4.3. Kết quả mô phỏng, tính toán quá trình truyền tải, khuếch tán nước thải ô nhiễm trong hồ Tây

Để hiểu được quá trình truyền tải, khuếch tán dưới tác động của dòng chảy trong hồ tới các chất thải gây ô nhiễm lơ lửng từ các cống nước thải đổ vào hồ Tây, ta giả thiết các cống thải xả chất thải lơ lửng có nồng độ 1000mg/l theo nước thải xả thẳng vào hồ Tây. Kết quả mô phỏng, tính toán quá trình lan truyền, khuếch tán của các nguồn chất thải vào hồ ứng với trường vận tốc trong hình 5 được trình bày trong hình 6 dưới đây. Với các cống có lưu lượng thải nhỏ, lượng chất thải lơ lửng đổ vào hồ là tương đối nhỏ và khó nhận thấy. Với các cống có lưu lượng xả thải lớn (các cống Tàu Bay, Cây Sậy và cống Đồi), lượng chất thải vào hồ là lớn và dễ dàng quan sát được. Một đặc điểm quan trọng có thể nhận thấy là dưới ảnh hưởng của dòng chảy do gió trong hồ mà chất thải chủ yếu tập trung ở vùng phía nam hồ. Kết quả này là hết sức lý thú và hoàn toàn trùng hợp với kết quả của một số điều tra khảo sát chất lượng nước hồ Tây đã được thực hiện [2, 8, 16].



← Hình 5. Kết quả mô phỏng, tính toán dòng chảy lúc 23h00 ngày 14/12

→ Hình 6 Kết quả mô phỏng, tính toán truyền tải chất thải lơ lửng trong hồ lúc 23h00 ngày 14/12



5. Kết luận

Nghiên cứu, mô phỏng và tính toán dòng chảy do gió trong hồ Tây và quá trình truyền tải, khuếch tán chất thải lơ lửng gây ô nhiễm từ các nguồn nước thải đổ vào hồ đã được thực hiện sử dụng chương trình tính toán EFDC và phần mềm giao diện EFDC_Explorer. Mô phỏng được thực hiện cho một khoảng thời gian mùa khô (đầu tháng 12) đã cho chúng ta hình dung được quá trình vận động của nước trong hồ dưới ảnh hưởng của ứng suất gió trên bề mặt, một thông số có ý nghĩa lớn mà cho tới nay vẫn chưa có các kết quả khảo sát, đo đạc thực nghiệm. Kết quả cho thấy dưới ảnh hưởng của gió, nhiều vùng xoáy được hình thành trong hồ và các vùng này cũng thay đổi khi trường gió thay đổi theo thời gian. Vận tốc dòng chảy trong hồ lớn nhất ở các vùng nước nông ven bờ hồ và có thể đạt tới vài centimet mỗi giây.

Kết quả mô phỏng tính toán quá trình truyền tải, khuếch tán chất thải lơ lửng gây ô nhiễm trong hồ từ các nguồn nước thải đổ vào hồ Tây là hết sức lý thú. Nó đã xác nhận kết quả khảo sát đo đạc quan trắc chất lượng nước hồ Tây về chất lượng môi trường nước vùng phía nam hồ Tây ô nhiễm trầm trọng hơn so với vùng phía bắc hồ. Bản chất của điều này chưa được giải thích thấu đáo trong các đo đạc, phân tích thực nghiệm chất lượng nước hồ Tây. Căn cứ vào kết quả mô phỏng, điều đó có thể được giải thích là do đặc tính vận động của nước trong hồ dưới ảnh hưởng của ứng suất gió và địa hình lòng hồ. Chất thải gây ô nhiễm sẽ tập trung chủ yếu ở phần phía nam hồ khiến cho vùng này bị ô nhiễm nghiêm trọng hơn các vùng còn lại.

Kết quả mô phỏng, tính toán với độ phân giải cao đã được thực hiện cho tình trạng hiện tại của hồ Tây cũng như các mô phỏng, tính toán cho các kịch bản phát triển của hồ Tây trong tương lai rất hy vọng sẽ cung cấp thêm thông tin hữu ích cho các cấp chính quyền cũng như các nhà quy hoạch, quản lý đô thị Hà Nội (có liên quan đến khu vực hồ Tây).

TÀI LIỆU DẪN

[1] *Dang Huu Chung and Craig P.M.*, 2009: Implementation of a Wind Wave Sub-Model for the Environmental Fluid Dynamics Code, Dynamic Solutions, LLC.

[2] *Lê Quang Đạo*, 2008: Chất lượng nước Hồ Tây sử dụng mô hình EFDC đánh giá chất lượng nước và đề xuất một số giải pháp quản lý, Luận văn thạc sỹ khoa học, Trung tâm Nghiên cứu Tài nguyên và Môi trường.

[3] *Galperin, B., L.H. Kantha, S. Hassid, and A. Rosati*, 1988: A quasi-equilibrium turbulent energy model for geophysical flows, *J. Atmos. Sci.*, Vol.45, pp.55-62.

[4] *Hamrick, J.M.*, 1996: User's Manual for the Environmental Fluid Dynamics Computer Code, Special Report No. 331 in Applied Marine Science and Ocean Engineering, Virginia Institute of Marine Science, Gloucester Point, VA.

[5] *Hamrick, J.M.*, 1992: A Three-Dimensional Environmental Fluid Dynamics Computer Code: Theoretical and Computational Aspects, Special Report No. 317 in Applied Marine Science and Ocean Engineering, Virginia Institute of Marine Science, Gloucester Point, VA. 64pp.

[6] *Nguyễn Văn Hoàng và Trần Văn Hùng*, 2009: Áp dụng phần mềm thủy lực môi trường nước (EFDC) đánh giá ảnh hưởng của nước thải sinh hoạt đến chất lượng nước sông Hồng vào mùa khô khu vực Hà Nội, Tạp chí Khoa học ĐHQGHN - Khoa học Tự nhiên và Công nghệ, Số 25, 19-29.

[7] *Mellor, G.L. and T. Yamada*, 1982: Development of a turbulence closure model for geophysical fluid problems, *Rev. Geophys. Space Phys.*, Vol.20, pp.851-875.

[8] *Hoang Thi Nghia, Nguyen Thai Hiep Nhi, Nguyen Thi Xuan Anh, Nguyen Bao A*, 2001: The Microbial Water Quality of the West Lake, Hanoi - Bacterial Indicators, Tuyển tập báo cáo hội nghị Wastewater reuse in agriculture in Vietnam: Water management, environment and human health aspects, Hà Nội, Việt Nam, tr.31-32.

[9] *Paul Craig Michael và Nguyễn Văn Hoàng*, 2011: Đánh giá vận chuyển bùn cát sông Hồng đoạn Đan Phượng - Vạn Phúc bằng mô hình thủy lực - môi trường EFDC, Viện Thủy công.

[10] *Craig, Paul M.*, 2010: User's Manual for EFDC_Explorer: A Pre/Post Processor for the Environmental Fluid Dynamics Code, Dynamic Solutions, LLC, Knoxville, TN, Nov 2010.

[11] *Nguyễn Tất Thắng, Nguyễn Văn Hạnh và Nguyễn Thế Đức*, 2004: Một số kết quả bước đầu áp dụng một sơ đồ giải số kiểu Godunov giải hệ

phương trình nước nông hai chiều, Tuyển tập công trình Hội nghị Khoa học Cơ học Thủy khí Toàn quốc năm 2004, tr.565-587.

[12] *Nguyen Tat Thang and Nguyen The Hung*, 2009: Application of a Godunov type numerical scheme and a domain decomposition technique to the parallel computation of tidal propagation, VNU Journal of Science, Earth Sciences, Vol. 25, No. 2, pp. 104-115.

[13] *Nguyễn Tất Thắng*, 2010: Xây dựng chương trình mô phỏng dòng chảy mặt thoáng hai chiều tổng quát; Phần I: Mô hình số, Tạp chí Khí tượng Thủy văn, Tập 595, tr.24-35.

[14] *Nguyễn Tất Thắng*, 2010: Xây dựng chương trình mô phỏng dòng chảy mặt thoáng hai chiều tổng quát; Phần II: Các kết quả tính toán kiểm nghiệm và so sánh, Tạp chí Khí tượng Thủy văn, Tập 596, tr.12-24.

[15] *Phạm Đức Thắng và Vũ Đình Hùng*, 2005: Nghiên cứu chế độ thủy lực tại khu vực cửa lấy nước bằng mô hình số trị ba chiều, Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn, Số 1.

[16] *Nguyễn Thị Vinh*, 2011: Xác định hàm lượng một số kim loại nặng trong động vật nhuyễn thể ở khu vực Hồ Tây, Luận văn thạc sỹ khoa học, Đại học Quốc Gia Hà Nội.

SUMMARY

Simulation and calculation of flow and pollutant transport in lake

The paper presents researched results on simulation and calculation of wind-induced flow and pollutant transport in West Lake - Hanoi using the non-commercial EFDC computer code developed under the support of the Environmental Protection Agency (EPA) of the US. The West Lake model, input/output data processing, and the presentation of calculated results have been done using the pre/post processor EFDC_Explorer (EE), WEB version. Flow and pollutant transport simulation is for a period in dry season (e.g. calculation with wind data of the first part of December 2010). The simulated results of wind-induced current in the lake give us an interesting idea of the detailed circulation of the water in the lake, a subject that has not yet been experimentally studied till now. The results of pollutant transport simulation firmly confirm, and clearly explain the reason of the difference in water quality between the southern part of the lake and the northern one, which has been found in field observations. Hopefully, high resolution results of this research and further results of simulations of the future West Lake development plans will contribute useful information to Hanoi city authorities. Concurrently this research confirms the promise in using the EFDC free code to study other practical problems in Vietnam.