

# VỀ KHẢ NĂNG SỬ DỤNG PHÉP ĐO TRỌNG LỰC CHÍNH XÁC CAO TRONG NGHIÊN CỨU CHUYỂN ĐỘNG THĂNG ĐỨNG VỎ TRÁI ĐẤT Ở VIỆT NAM

CAO ĐÌNH TRIỀU, PHẠM NAM HUNG, MAI XUÂN BÁCH  
Viện Vật lý Địa cầu, A8/18 Hoàng Quốc Việt, Cầu Giấy, Hà Nội

**Tóm tắt:** Một tiếp cận mới trong xác định vận tốc dịch chuyển thăng đứng vỏ Trái đất là dựa trên phép đo trọng lực chính xác cao. Trong khuôn khổ bài báo này các tác giả trình bày một số kết quả mới về nghiên cứu biến đổi độ cao địa hình thông qua đo lặp trọng lực chi tiết cao tại: Tam Đảo, dọc Quốc lộ 6, Tp. Hồ Chí Minh và hồ thủy điện Sơn La. Các kết quả đạt được cho phép rút ra một số nhận định bước đầu như sau:

1/ Các máy trọng lực chính xác cao hiện nay có thể sử dụng trong đo lặp trọng lực nhằm xác định vận tốc dịch chuyển thăng đứng vỏ Trái đất với độ chính xác cao.

2/ Có thể liên kết đo đạc biến thiên trọng lực kết hợp với quan trắc GPS để xác định đặc trưng vận động vỏ Trái đất. Đây sẽ là một kết hợp Hoàn hảo phục vụ nghiên cứu địa động lực hiện đại. Đo lặp trọng lực chính xác cao cho phép xác định vận động thăng đứng với độ chính xác đạt nhỏ hơn 1 mm. Trong khi đó, giá trị và hướng dịch chuyển ngang lại được xác định với độ chính xác cao nhờ tài liệu GPS.

## MỞ ĐẦU

Xác định vận tốc dịch chuyển vỏ Trái đất là nhiệm vụ khoa học có ý nghĩa đặc biệt quan trọng trong nghiên cứu địa động lực hiện đại. Việc áp dụng các phương pháp khác nhau trong nghiên cứu chuyển động vỏ Trái đất được thiết lập trên cơ sở xác định đối tượng và yêu cầu của mức độ nghiên cứu. Đã có một số nghiên cứu đề cập tới đặc trưng vận động của vỏ Trái đất lãnh thổ Việt Nam [2-7, 10, 12, 14-17], chẳng hạn:

- Đánh giá vận tốc dịch chuyển vỏ Trái đất trong tân kiến tạo trên cơ sở tài liệu địa chất và đặc trưng cấu trúc vỏ Trái đất [2]. Hướng nghiên cứu này chỉ cho phép đánh giá một cách sơ lược xu thế vận động vỏ Trái đất lãnh thổ Việt Nam trong giai đoạn Tân kiến tạo.

- Quan trắc biến dạng tại Viện Vật lý Địa cầu đã được thiết lập từ năm 1984, lúc đầu có 1 trạm là Phủ Liễn, sau đó do yêu cầu nghiên cứu trạng thái biến dạng vùng đập thủy điện Hòa Bình, năm 1993 trạm biến dạng thứ 2 đã được thiết lập và hoạt động tới nay. Phương pháp đo biến dạng có thể cho phép chúng ta nghiên cứu một cách chi tiết đại lượng dịch chuyển vỏ Trái đất với độ chính xác cao (dịch chuyển ngang) [3]. Các biến dạng chậm với giải chu kỳ khoảng vài ngày cho đến

hàng chục năm có thể được sử dụng kết hợp với các phương pháp trắc địa giúp cho chúng ta có được bức tranh chi tiết về động lực của vùng nghiên cứu. Tuy vậy, phương pháp nghiên cứu này đòi hỏi chi phí tốn kém với việc xây dựng một hệ thống trạm quan trắc phức tạp.

- Các phép đo lặp trắc địa được áp dụng khá rộng rãi trong nghiên cứu chuyển động thẳng đứng vỏ Trái đất với độ chính xác cao. Tuy vậy, ở Việt Nam mới chỉ được tiến hành tại một số điểm thuộc Tây Bắc Bộ và Đông Bắc Bộ [12]. Yêu điểm của phương pháp này là chi phí cao và chỉ xác định được vận tốc dịch chuyển thẳng đứng.

- Nhằm nghiên cứu đặc điểm vận động của các mảng thạch quyển, người ta thường sử dụng phép quan trắc hệ thống định vị toàn cầu (GPS - Global positioning system). Hệ thống quan trắc này cho phép xác định khá chính xác vận tốc dịch chuyển ngang giữa các khối cấu trúc thạch quyển với độ chính xác có thể đạt nhỏ hơn 1 mm. Trong khi đó, do biểu hiện dịch chuyển thẳng đứng vỏ Trái đất yếu hơn nhiều lần dịch chuyển ngang, nên phương pháp GPS không thể cho ta kết quả chính xác về vận tốc dịch chuyển thẳng đứng vỏ Trái đất (thông thường giá trị dịch chuyển thẳng đứng không lớn hơn sai số xác định). Thiết lập một hệ thống các trạm đo GPS liên tục và tạm thời (đo đặc định kỳ) phục vụ nghiên cứu chuyển động vỏ Trái đất đang được ưu tiên phát triển ở Việt Nam trong những năm gần đây [10].

Một tiếp cận mới trong xác định vận tốc dịch chuyển thẳng đứng vỏ Trái đất là dựa trên phép đo trọng lực chính xác cao [4, 5]. Máy trọng lực CG-3 của hãng Scintrex, Canada (hoặc ZLS, Mỹ) là loại máy thế hệ mới có độ phân dải cao, cỡ 0,0005 đến 0,0001 mGal, cho phép xác định giá trị trọng lực với độ chính xác cao [1, 8, 9, 11, 13]. Trong khuôn khổ bài báo này, các tác giả tiến hành phân tích kết quả đo lặp trọng lực tại một số tuyến nghiên cứu trên lãnh thổ Việt Nam. Cơ sở khoa học của phương pháp xác định độ cao này là công thức biến đổi giá trị trọng lực theo độ cao địa hình:

$$\Delta g_E = -(0,3086 - 0,0419 \rho) \text{ mGal/m}$$

trong đó  $\rho$  là mật độ lớp trung gian. Nếu lấy giá trị mật độ là 2,67 g/cm<sup>3</sup> và 2,50 g/cm<sup>3</sup> thì trong trường hợp độ cao địa hình thay đổi 1 m, biến đổi trường trọng lực sẽ tương ứng là -0,1967 mGal và -0,2038 mGal. Vậy, nếu ta lấy giá trị mật độ bằng 2,67 g/cm<sup>3</sup> thì thay đổi 1 mm độ cao sẽ có giá trị trọng lực thay đổi một lượng, theo công thức sau:

$$\Delta g_E = -(0,3086 - 0,0419 * 2,67) / 1000 = -0,0002 \text{ mGal/m}$$

## **I. VẬN TỐC DỊCH CHUYỂN THẲNG ĐỨNG NÚI TAM ĐẢO**

Quan trắc trọng lực dọc theo tuyến chuẩn Tam Đảo được tiến hành trong các ngày 29, 30/4 và 1/5 năm 2000. Tuyến chuẩn này được thiết lập năm 1975 bao gồm 8 điểm (được đánh thứ tự từ D1- chân núi đến D8 - Thị trấn Tam Đảo) mà ở đó người ta xác định độ chênh lệch giá trị trọng lực tại các cặp điểm với sai số đạt cỡ 0,02 mGal phục vụ cho việc chuẩn máy trọng lực định kỳ. Vị trí điểm được gắn mốc bằng gang trên tấm bê tông kiên cố. Nếu lấy giá trị trung bình biến đổi

giá trị trọng lực dọc tuyến chuẩn Tam Đảo thì kết quả xác định vận tốc nâng lên của núi có thể đạt tới 16 mm/năm [4].

Đề ý cẩn thận hơn, nếu xem xét kỹ kết quả đo đạc năm 2000 [4] ta nhận thấy vị trí các điểm D4, D5, D6 được bảo vệ tốt và các cạnh D4-D5 và D5-D6 cho giá trị biến đổi khá giống nhau. Ta có thể xác định được thay đổi giá trị trọng lực trung bình núi Tam Đảo là -0,0535 mGal trong vòng 25 năm (lấy giá trị biến đổi trung bình của hai cạnh D4-D5 và D5-D6). Giá trị thay đổi trọng lực này tương đương với sự nâng lên của núi Tam Đảo là 0,272 m (trong trường hợp này ta lấy mật độ lớp trung gian là  $2,67 \text{ g/cm}^3$ ). Như vậy, vận tốc nâng của Tam Đảo trong hiện tại là cỡ 10,9 mm/năm. Kết quả tính toán này gần trùng với kết quả quan trắc biến động độ cao theo GPS thời kỳ 2000-2004 [14]. Theo kết quả nghiên cứu được công bố trong [14] thì vận tốc chuyển động thẳng đứng của Tam Đảo có thể đạt 10 mm/năm.

## **II. VẬN TỐC DỊCH CHUYỂN THẲNG ĐỨNG TẠI MỘT SỐ ĐIỂM CHUẨN TRỌNG LỰC DỌC QUỐC LỘ 6**

Đo lặp trọng lực (sử dụng máy CG-3) cũng được tiến hành tại một số điểm chuẩn quốc gia dọc Quốc lộ 6 (Bảng 2). Giá trị độ lệch trọng lực thời kỳ 1975 và 2000 của các điểm tựa so với điểm Xòm Lồm (điểm chuẩn trọng lực Xòm Lồm là điểm cấp I, các điểm cấp II khác là Mộc Châu, Cò Nòi, Sơn La, Thuận Châu, Tuần Giáo và Pa Ham) được tính toán (Bảng 2).

Vận tốc thay đổi độ cao địa hình tại các điểm quan sát lặp trường trọng lực so với điểm Xòm Lồm được xác định trên cơ sở thay đổi trường trọng lực, kết quả tính toán được biểu diễn trong Bảng 3 (lấy giá trị mật độ lớp trung gian là  $2,67 \text{ g/cm}^3$ ). Đối sánh vận tốc dịch chuyển thẳng đứng tính theo 2 phương pháp khác nhau là đo lặp thủy chuẩn [4, 6] và tính toán gián tiếp theo kết quả quan trắc lặp trọng lực cho thấy (Bảng 3):

- Có sự biến đổi tương đồng vận tốc dịch chuyển tương đối tại các điểm xác định qua 2 phương pháp khác nhau.

- Sự khác biệt về kết quả tính toán không lớn mà có thể lý giải bằng sự khác biệt chu kỳ đo lặp khác nhau, chẳng hạn: đo lặp thủy chuẩn chỉ tiến hành sau thời gian 9 năm, trong khi đo lặp trọng lực được tiến hành sau 25 năm.

**Bảng 1. Giá trị độ lệch trọng lực giữa các điểm trong tuyến chuẩn Tam Đảo (mGal)**

**(Kết quả đo máy trọng lực CG-3 ngày 29, 30/4 và 1/5 năm 2000)**

Ý hiệu xác định độ lệch	Giá trị xác định năm 1975	Giá trị xác định đợt I (năm 2000)	Giá trị xác định đợt II (năm 2000)	Giá trị xác định đợt III (năm 2000)	Giá trị xác định đợt IV (năm 2000)	Giá trị xác định đợt V (năm 2000)	Giá trị độ lệch TB trong 5 đợt (năm 2000)	Độ lệch năm 2000 so với năm 1975
D <sub>4</sub> -D <sub>5</sub>	45,393	45,313	45,343	45,361	45,353	45,343	45,343	-0,050
D <sub>5</sub> -D <sub>6</sub>	32,822	32,785	32,763	32,797	32,770	32,711	32,765	-0,057

**Bảng 2. Chênh lệch giá trị trọng lực của các điểm chuẩn so với điểm Xòm Lòm trong 2 lần quan sát (năm 1975 và 2000).**

Điểm	$\Delta g$ so với Xòm Lòm năm 1975 (mGal)	$\Delta g$ so với Xòm Lòm năm 2000 (mGal)	$\Delta g_{2000} - \Delta g_{1975}$ (mGal)
1 (Xòm Lòm)	000,000	000,000	0,000
2 (Mộc Châu)	13,070	13,06175	-0,00825
3 (Cò Nòi)	58,910	58,88925	-0,02075
4 (Sơn La)	71,710	71,6860	-0,024
5 (Thuận Châu)	91,710	91,71075	0,00075
6 (Tuần Giáo)	87,540	87,5225	-0,0175
7 (Pa Ham)	163,900	163,91175	0,01175

**Bảng 3. Đối sánh vận tốc dịch chuyển thẳng đứng vỏ Trái đất theo số liệu đo lặp thủy chuẩn và theo kết quả biến thiên trọng lực trong chu kỳ 1975 và 2000 (25 năm)**

Điểm	Thay đổi giá trị độ cao tính theo biến đổi giá trị trọng lực (1975 và 2000)	Vận tốc dịch chuyển thẳng đứng tương ứng với điểm Xòm Lòm (theo phân tích tài liệu trọng lực, mm/năm)	Vận tốc dịch chuyển thẳng đứng tương ứng với điểm Xòm Lòm (theo đo lặp thủy chuẩn, mm/năm)
1 (Xòm Lòm)	0	0,00	0,00
2 (Mộc Châu)	-0,00825	0,33	0,40
3 (Cò Nòi)	-0,02075	0,83	0,88
4 (Sơn La)	-0,02400	0,96	1,08
5 (Thuận Châu)	0,00075	-0,03	-0,02
6 (Tuần Giáo)	-0,01750	0,70	0,80
7 (Pa Ham)	0,01175	-0,47	-0,53

Qua kết quả tính toán này cho thấy khả năng sử dụng tài liệu đo lặp trọng lực nghiên cứu vận tốc dịch chuyển thẳng đứng vỏ Trái đất tại những nơi chưa có số liệu đo lặp thủy chuẩn là rất hiệu quả.

### III. ĐÁNH GIÁ VẬN TỐC DỊCH CHUYỂN THĂNG ĐỨNG VÙNG THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH THEO KẾT QUẢ ĐO LẬP TRỌNG LỰC

Nhằm mục đích tìm hiểu vận động thăng đứng vùng Thành phố Hồ Chí Minh, chúng tôi đã tiến hành phân tích sự thay đổi giá trị trọng lực tại 4 điểm chuẩn trong hai chu kỳ: 1989 và 2005. Đây là kết quả đo lập trọng lực của Viện Địa chính thuộc Bộ Tài nguyên và Môi trường (lưu Viện Địa chính). Giá trị đo và tính toán độ lệch được trình bày trong Bảng 4.

Bảng 4. Kết quả đo lập trọng lực năm 1989 và 2005

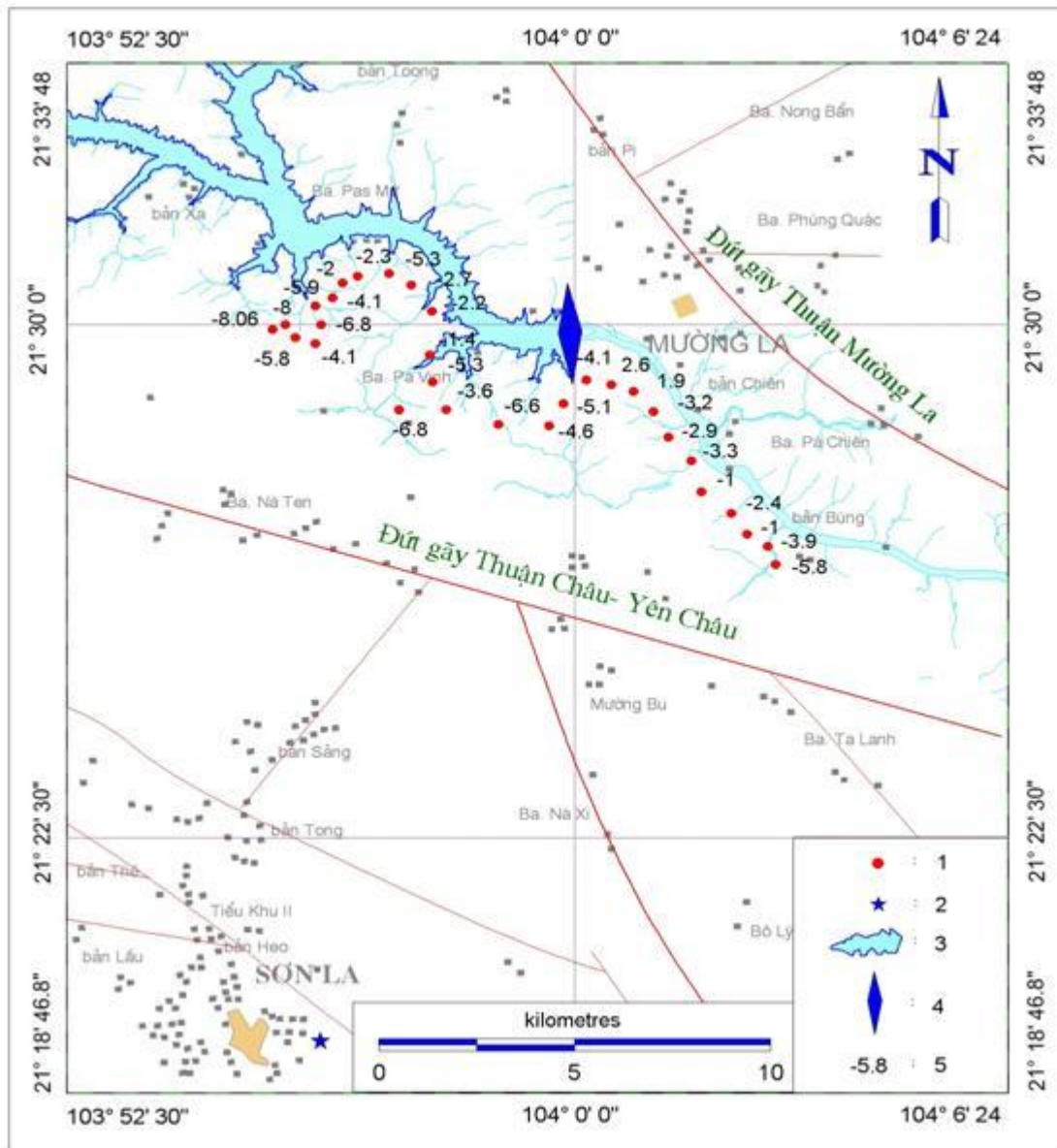
TT	Tên điểm	Thời gian đo	Khoảng thời gian đo	Độ cao (m)	Độ lệch (mGal)	Giá trị thay đổi độ cao (mm)	Vận tốc dịch chuyển (mm/năm)
1	TP. HCM	1989 2005	16 năm	4,856	- 0,0018	9,00	0,56
2	Hố Nai	1989 2005	16 năm	43,00	-0,0059	29,50	1,84
3	Bến Cát	1989 2005	16 năm	8,00	-0,007	35,00	2,19
4	Tân An	1989 2005	16 năm	2,00	-0,0054	27,00	1,69

Các kết quả tính toán dịch chuyển thăng đứng (lấy mật độ lớp trung gian bằng  $2,50 \text{ g/cm}^3$ ) giữa hai thời kỳ (1989 và 2005) tại 4 điểm thuộc vùng Tp Hồ Chí Minh: trung tâm thành phố, Hồ Nai, Bến Cát và Tân An (Bảng 4) cho thấy:

- Thay đổi giá trị trọng lực trung bình các vùng Hồ Nai, Bến Cát, Tân An và trung tâm TP. Hồ Chí Minh là  $-0,0003 \text{ mGal}$  trong vòng 1 năm, tương đương với vận tốc nâng lên là  $1,5 \text{ mm/năm}$ .

- Vận tốc nâng kiến tạo vùng Tp Hồ Chí Minh không đồng đều và có dấu hiệu phân dị rõ nét tại 3 cấu trúc mà đứt gãy Sông Sài Gòn và đứt gãy Sông Vàm Cỏ là ranh giới. Đó là nâng trung bình tại cấu trúc Đồng Tháp, đạt giá trị cỡ  $1,6-1,7 \text{ mm/năm}$  ( $1,69 \text{ mm/năm}$  tại Tân An); Trung tâm Tp Hồ Chí Minh giá trị nâng của vỏ Trái đất nhỏ hơn  $1,0 \text{ mm/năm}$  ( $0,56 \text{ mm/năm}$  tại đường Nguyễn Văn Trỗi), trong khi đó, tại cấu trúc Đông Nam Bộ giá trị nâng trung bình năm đạt khoảng  $2,0 \text{ mm}$  ( $1,84 \text{ mm/năm}$  tại Hồ Nai và  $2,19 \text{ mm/năm}$  tại Bến Cát).

Kết quả tính toán dịch chuyển thăng đứng vỏ Trái đất Tp. Hồ Chí Minh theo tài liệu trọng lực cũng khá phù hợp với kết quả phân tích dịch chuyển vỏ Trái đất trong Holocen của Vũ Đình Chinh và Đỗ Văn Lĩnh, 2007 [17].



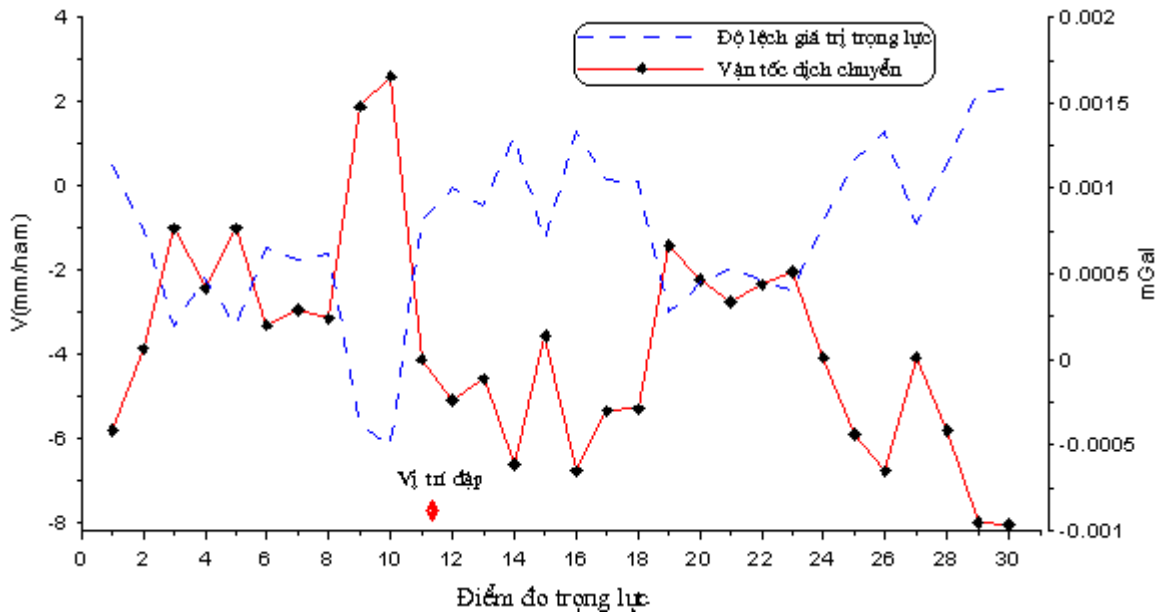
Hình 1. Tuyến trọng lực chuẩn và giá trị biến động độ cao bề mặt địa hình trên cơ sở đo lặp trọng lực (2009 và 2010).

**Chú giải:** 1. Vị trí điểm đo (kèm theo kết quả độ lún tính theo mm); 2. Điểm tựa trọng lực Sơn La; 3. Đường bao lòng hồ Sơn La ở cao trình 215 m; 4. Đập thủy điện Sơn La.

Bảng 5. Biến đổi giá trị trọng lực dọc theo tuyến chuẩn sau hai thời kỳ đo (2009 và 2010)

Ký hiệu điểm đo	Tọa độ		Độ lệch giá trị trọng lực năm 2010 so với năm 2009	Sai số TB xác định giá trị trọng lực (mGal)	Thay đổi độ cao địa hình tương ứng (mm)
	X	Y			
TL1	2372286.966	401499.134	0,00114	0,0001507	- 5,8
TL2	2372793.785	401293.400	0,00076	0,0002100	- 3,9

TL3	2373110.612	400767.538	0,00020	0,0000489	-1,0
TL4	2373689.197	400361.750	0,00048	0,0000489	-2,4
TL5	2374268.915	399612.428	0,00020	0,0001025	-1,0
TL6	2375086.912	399335.668	0,00065	0,0000780	-3,3
TL7	2375737.062	398784.470	0,00058	0,0000489	-2,9
TL8	2376438.251	398414.415	0,00062	0,0000780	-3,2
TL9	2376983.097	397896.533	-0,00037	0,0002230	1,9
TL10	2377168.269	397308.669	-0,00051	0,0001704	2,6
TL11	2377290.548	396686.666	0,00081	0,0002998	-4,1
TL12	2376669.620	396087.327	0,00100	0,0000746	-5,1
TL13	2376088.085	395736.517	0,00090	0,0005376	-4,6
TL14	2376115.226	394429.960	0,00130	0,0000750	-6,6
TL15	2376512.747	393091.759	0,00070	0,0003173	-3,6
TL16	2376531.161	391897.874	0,00133	0,0000905	-6,8
TL17	2377266.929	392751.591	0,00105	0,0003173	-5,3
TL18	2378006.064	392687.401	0,00104	0,0000690	-5,3
TL19	2379181.674	392749.369	0,00028	0,0000707	-1,4
TL20	2379875.027	392221.990	0,00044	0,0003500	-2,2
TL21	2380196.120	391667.249	0,00054	0,0003272	-2,7
TL22	2380124.816	390866.292	0,00046	0,0003891	-2,3
TL23	2379951.092	390483.228	0,00040	0,0003696	-2,0
TL24	2379568.782	390212.671	0,00080	0,0000962	-4,1
TL25	2379358.021	389790.384	0,00116	0,0000729	-5,9
TL26	2378815.568	389932.507	0,00133	0,0002056	-6,8
TL27	2378319.508	389791.634	0,00080	0,0000737	-4,1
TL28	2378481.938	389271.920	0,00114	0,0001205	-5,8
TL29	2378822.637	389009.652	0,00157	0,0001113	-8,0
TL30	2378703.000	388688.900	0,00158	0,0002660	-8,06



Hình 2. Giá trị biến động độ cao bề mặt địa hình dọc tuyến chuẩn trọng lực sau khi hồ Sơn La tích nước lên cao trình 195 m vào ngày 15/5/2010.

#### IV. GIÁ TRỊ ĐỘ LÚN VÙNG HỒ THỦY ĐIỆN SƠN LA SAU KHI TÍCH NƯỚC ĐẾN CAO TRÌNH 195 m THEO KẾT QUẢ ĐO LẬP TRỌNG LỰC

Theo yêu cầu nghiên cứu biến động môi trường sinh chân vùng hồ thủy điện Sơn La sau khi tích nước, năm 2009 chúng tôi tiến hành thiết lập tuyến đo lập trọng lực gồm 30 điểm, được ký hiệu từ TL01 đến TL30, dọc theo bờ phía nam hồ thủy điện Sơn La (Hình 1). Mục đích quan trắc trọng lực là xác định độ lún vùng hồ khi tích nước. Đợt đo đầu tiên (ngày 27-29/10/2009), nhằm thiết lập giá trị trọng lực tại các điểm mốc (từ TL01 đến TL30) trước khi hồ thủy điện Sơn La tích nước. Đợt đo lập trọng lực được tiến hành vào các ngày 25-26/12/2010 sau khi hồ Sơn La tích nước lên cao trình 195 m.

Giá trị gốc trọng lực được lấy tại điểm Sơn La, với sai số của phép đo trọng lực là  $\pm 0,00009$  mGal, tương ứng với sai số thay đổi độ cao địa hình là 0,45 mm. Kết quả xác định giá trị dịch chuyển trọng lực sau hai lần đo được trình bày trong Bảng 5. Từ đó, ta có thể xác định giá trị biến động độ cao (lấy mật độ lớp trung gian bằng  $2,67 \text{ g/cm}^3$ ) bề mặt địa hình tại các điểm quan trắc dọc theo tuyến trọng lực chuẩn sau khi hồ thủy điện Sơn La tích nước lên cao trình 195 m vào ngày 15/5/2010 (Bảng 5, Hình 1).

Kết quả quan trắc độ lún bề mặt địa hình thông qua đo lập trọng lực có giá trị tương đồng với việc tính toán độ lún do tác động của cột nước khi nâng lên cao trình 195 m (Hình 2) [6]. Hầu hết các điểm quan sát đều cho giá trị xấp xỉ giá trị tính toán theo lý thuyết. Chỉ có 2 giá trị quan sát thu được tại điểm TL09 và TL10 cho giá trị biến đổi độ cao lớn hơn 0 (tương ứng bằng 1,9 mm và 2,6 mm). Điều này có thể lý giải bởi ảnh hưởng của thân đập thủy điện (thay đổi độ cao đập giữa 2 chu kỳ đo trọng lực) làm giảm giá trị trọng lực trong lần đo thứ hai. Để làm rõ thêm, cần được tính toán chi tiết hơn mà trong bài báo này chưa đề cập tới.

#### KẾT LUẬN



Các kết quả nghiên cứu biến đổi độ cao địa hình thông qua đo lặp trọng lực chi tiết cao tại Tam Đảo, dọc Quốc lộ 6, Tp. Hồ Chí Minh và hồ thủy điện Sơn La cho phép rút ra một số nhận định bước đầu như sau:

1/ Các máy trọng lực chính xác cao hiện nay (CG-3, ZLS) có độ chính xác và độ ổn định cao, ngay cả trong môi trường nhiệt độ thay đổi lớn và địa hình phức tạp như ở Việt Nam. Độ trôi điếm không của các loại máy thế hệ này rất nhỏ, cùng với tính toán hiệu chỉnh biến thiên địa triều một cách tự động là nhân tố quan trọng nâng cao khả năng thực hiện các phép đo trọng lực có độ chính xác cao.

2/ Vận tốc chuyển động thẳng đứng vỏ Trái đất được tính toán thông qua kết quả đo lặp trọng lực khá phù hợp với đo lặp thủy chuẩn cũng như tính toán lý thuyết. Kết quả này mở ra hướng nghiên cứu mới về đo đạc chuyển dịch thẳng đứng vỏ Trái đất thông qua việc đo đạc biến đổi giá trị trọng lực bằng máy trọng lực chính xác cao.

3/ Có thể liên kết đo đạc biến thiên trọng lực kết hợp với quan trắc GPS cho phép xác định đặc trưng vận động vỏ Trái đất. Đây sẽ là một kết hợp Hoàn hảo phục vụ nghiên cứu địa động lực hiện đại. Đo lặp trọng lực chính xác cao cho phép xác định vận động thẳng đứng với độ chính xác cao. Trong khi đó, giá trị và hướng dịch chuyển ngang lại được xác định với độ chính xác cao nhờ tài liệu GPS.

## VĂN LIỆU

**1. Butler Dwain K., 1984.** Microgravimetric and gravity gradient techniques for detection of subsurface cavities. *Geophysics*, 49/7 : 1084-1096.

**2. Cao Đình Triều, 1997.** Một số kết quả bước đầu đánh giá vận tốc dịch chuyển và trạng thái ứng suất vỏ Trái đất lãnh thổ Việt Nam. *TC Địa chất*, A/240 : 33-39. Hà Nội.

**3. Cao Đình Triều, Lê Văn Dũng, Nguyễn Hữu Tuyên, 2000.** Một số kết quả bước đầu phân tích tài liệu biến dạng ở trạm Hòa Bình thời kỳ 1993-1998. *TC Địa chất*, A/257 : 5-11. Hà Nội.

**4. Cao Đình Triều, Lê Văn Dũng, Phạm Nam Hưng, 2001.** Thử nghiệm quan trắc trọng lực chính xác cao ở Việt Nam bằng máy CG-3. *TC Các KH về TD*, 23/2 : 146-153. Hà Nội.

**5. Cao Đình Triều (Chủ biên), 2009.** Đánh giá nguy cơ biến động môi trường sinh chân khu vực hồ thủy điện Sơn La sau khi tích nước. *Báo cáo tổng kết Đề án tư vấn phân biện, Liên hiệp Hội KH Việt Nam, Hà Nội, 148 tr. (lưu Hội KHKT ĐVL Việt Nam).*

**6. Cao Đình Triều (Chủ biên), 2011.** Đánh giá hoạt động địa động lực đến tình trạng sụt-lở đất và hình thành “hố tử thần” khu vực Đông Nam Bộ. *Báo cáo tổng kết Đề tài Liên hiệp Hội KH Việt Nam (lưu Hội KHKT ĐVL VN). Hà Nội, 148 tr.*

7. **Duong Chi Cong, Tran Dinh To, 2007.** Estimation of ITRF 2000 velocity field across the Lai Chau – Dien Bien fault in Noerthwest of Vietnam, 2002-2004. *Intern. Symp. on Surveying and Mapping for Sust. Dev., Hà Nội.*
8. **Hugill A., 1990.** The Scintrex CG-3 autograv automated gravity meter: Description and field results. *Paper presented at the SEG Conf., San Francisco.*
9. **Lakshmanan J., 1991.** The generalized gravity anomaly: Endoscope Microgravity. *Geophysics, 56/5 : 712-723.*
10. **Lê Huy Minh và nnk., 2010.** Dịch chuyển vỏ Trái đất theo số liệu GPS liên tục tại Việt Nam và khu vực Đông Nam Á. *TC Các KH về TĐ, 32 : 249-260. Hà Nội.*
11. **Liard J., Gagnon C.G., Hearty D.B., Salib P., and Flint T.R., 1993.** Evaluation of the Scintrex CG-3 Gravity Meter. *Geol. Surv. of Canada, Open file Report.*
12. **Nguyễn Đình Lữ (Chủ biên), 1987.** Phân tích kết quả đo lặp thủy chuẩn phân phía Bắc lãnh thổ Việt Nam giai đoạn 1960-1964 và 1978-1979. *Lưu Tổng cục Địa chính, Hà Nội, 50 tr.*
13. **Seigel H.O., 1995.** High precision gravity guide. *Scintrex Canada, 120 pp.*
14. **Trần Đình Tô, Dương Chí Công, Vi Quốc Hải, Kurt Feigl, Matthias Becker, 2004.** Đánh giá hoạt động kiến tạo hiện đại đới đứt gãy Sông Hồng theo số liệu đo GPS, *Tuyển tập Đới đứt gãy Sông Hồng, tr 233 - 297, Nxb KH&KT, Hà Nội.*
15. **Trần Đình Tô (Chủ biên), 2004.** Đo đạc chuyển động hiện đại các đới đứt gãy Tây Bắc bằng công nghệ GPS. *Báo cáo Đề tài nhánh KC-08-10. Lưu trữ Viện VLĐC. Hà Nội.*
16. **Vi Quốc Hải, Trần Đình Tô, Dương Chí Công, 2005.** Xác định chuyển dịch hiện đại đới đứt gãy Sông Đà và đới đứt gãy Sơn La - Bim Sơn bằng số liệu GPS. *TC Các KH về TĐ, 4/24: 306-311. Hà Nội.*
17. **Vũ Đình Chính, Đỗ Văn Lĩnh, 2007.** Phân tích mô hình DEM xác định dấu hiệu hoạt động của đứt gãy Sông Sài Gòn trong Pleistocen muộn - Holocen. *Hội nghị KH&CN lần thứ 10. Trường ĐHBK, TP. Hồ Chí Minh.*