

## КОМПЛЕКСНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ СМЕЩЕНИЙ В ЮГО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ БАЙКАЛЬСКОЙ РИФТОВОЙ ЗОНЫ (СЕЙСМОСТАНЦИЯ ТАЛАЯ)

**Тимофеев В.Ю.<sup>1</sup>, Тимофеев А.В.<sup>1</sup>, Ардюков Д.Г.<sup>1</sup>, Валитов М.Г.<sup>2</sup>,  
Сизиков И.С.<sup>1,3</sup>, Носов Д.А.<sup>1,3</sup>, Семибаламут В.М.<sup>4</sup>**

<sup>1</sup> *Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН,  
г. Новосибирск*

<sup>2</sup> *Тихоокеанский океанологический институт им. В. И. Ильичева ДВО РАН,  
г. Владивосток*

<sup>3</sup> *Институт автоматики и электрометрии СО РАН, г. Новосибирск*

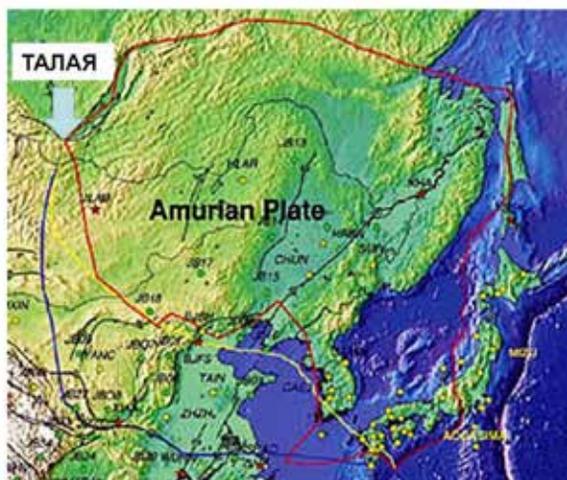
<sup>4</sup> *Федеральный исследовательский центр “Единая геофизическая служба  
Российской академии наук” Сибирский филиал, г. Новосибирск  
timofeevvy@ipgg.sbras.ru*

Известно, что современные движения, как для Байкальского рифта (на западе), так и для континентальной окраины в Приморье (на востоке), связывают с существованием Амурской плиты [1, 2]. (Рис. 1). При смещении плиты на восток напряжения, накопленные в земной коре, концентрируются в градиентных зонах на границах. Окраины плиты отличаются сейсмической активностью, а геодезические и гравиметрические измерения современных движений здесь сохраняют свою актуальность. Рассмотрим состояние на западной границе плиты. Проанализируем результаты многолетних наблюдений современных движений комплексом методов на сейсмостанции Талая, расположенной в 7 километрах западнее озера Байкал и в нескольких километрах южнее Главного Саянского разлома, отделяющего стабильную Сибирскую платформу от сейсмоактивной Байкальской рифтовой зоны (БРЗ). Измерения деформаций начаты в штольне сейсмостанции (координаты 51.68°N 103.64°E) в 1985 г. Высокоточные измерения абсолютного значения силы тяжести в 1992 году, а измерения методом космической геодезии стартовали в 2000 году.

Задачи наших исследований – это изучение современных движений земной коры в юго-западной части Байкальской рифтовой системы на основе многолетних наблюдений методами космической геодезии и абсолютной гравиметрии, регистрация эффектов землетрясений, сравнение полученных величин скоростей с имеющимися представлениями геологов.

Байкальский регион известен высокой сейсмической активностью [3]. Так за период (1950-2022 гг.) здесь зарегистрированы несколько

Рис. 1. Положение сейсмостанции Талая и варианты границ Амурской тектонической плиты



землетрясений магнитудой более 7. В 100 километровой зоне в окрестностях сейсмостанции Талая в период 1992 год по 2022 год. случилось несколько сильных землетрясений магнитудой более шести. Из наиболее сильных по эффектам на территории сейсмостанции – это Култукское землетрясение (координаты 51.62°N 104.06°E) 27.08.2008 г. с магнитудой  $M = 6.3$ , случившиеся в 25 км от станции, отмеченное здесь разрушением труб, печей и сильной вибрацией.

Гравиметрические измерения на станции Талая начаты осенью 1992 года с помощью абсолютного гравиметра ГАБЛ, разработанного в ИАиЭ СО РАН [4, 5]. Гравиметрические измерения проводились различными модификациями гравиметра в специальном подвале глубиной 3 метра, построенном под зданием сейсмостанции в 1987 году. Обычная продолжительность гравиметрических измерений составляла от 3 до 10 дней. В полученные результаты вводились все известные поправки. Специальными исследованиями показано отсутствие влияния на гравиметрические результаты вариаций уровня воды в скважине, расположенной в ста метрах от пункта наблюдений, и изменений локальных деформаций, охватывающих глубины от ста метров до нескольких километров [6]. Гравиметрические наблюдения проводились с 1992 года по 2014 год пока на сейсмостанции было постоянное снабжение электроэнергией. Начиная с весны 2000 года на станции проводятся измерение смещений методом GPS. Столб, для размещения антенны расположен на открытой площадке в 300 метрах от здания сейсмостанции вверх по долине ручья Талая. Серии измерений составляли от 3 до 7 суток. Данные измерений

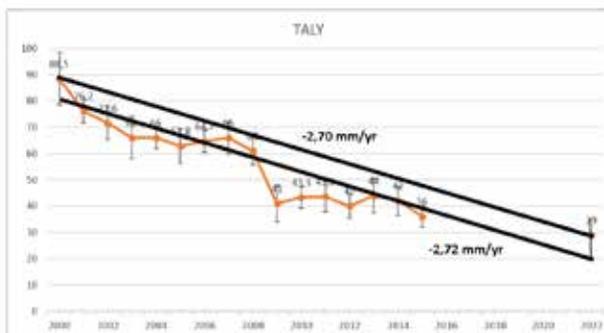


Рис. 2. Изменение значений высоты (миллиметровая часть) за период 2000-2022 годы с ошибкой по данным измерений методом космической геодезии на пункте Талая.

обработывались в системах ITRF-2000, ITRF-2008, ITRF-2014 с использованием данных IGS с помощью различных модификаций программ GAMIT-GLOBK.

Рассматривались скорости горизонтальных смещений пунктов Байкальской сейсмоактивной зоны относительно стабильной Сибирской платформы. Проанализированы результаты, полученные в период с 2000-2022 годы. Для смещения пункта Талая относительно пункта Иркутск на разных периодах получены вариации скоростей от 0.4 мм/год до 1.1 мм/год для смещений на юг и от 1.5 мм/год до 2.4 мм/год для смещений на восток. В целом за период 2000-2022 гг. смещение на ЮВВ относительно Сибирской платформы составила 1.9 мм/год. Смещения, связанные с раскрытием Байкальского рифта, хорошо соответствуют известным оценкам [2, 7, 8]. При определении скоростей следует учесть локальную сейсмичность, т.е. наложение косейсмических смещений на регистрируемые данные. При Култукском землетрясении 2008 года (магнитуда 6.3) косейсмические смещения составили 2 мм на юг и 8 мм на восток. Используя гравиметрические данные (1992-2008 гг.) и нормальное значение вертикального градиента, определена средняя вертикальная скорость опускания пункта Талая 3.3 мм/год. Используя GPS метод, получены скорости: 3.2 мм/год (эпоха 2000-2004 гг.); 2.3 мм/год (2000-2008 гг.); далее косейсмическое опускание 15 мм (2008-2009 гг.) и снижение скорости до 1.1 мм/год (2009-2022 гг.). За период 2000-2022 гг. скорость опускания пункта Талая составила 2.7 мм/год (Рис. 2). Уменьшение значения силы тяжести в период 2008-2009 гг. связано с уменьшением плотности в районе сейсмостанции, вызванное косейсмическим растяжением земной коры ( $3 \cdot 10^{-6}$ ). Данные, полученные комплексом методов, тестировались с помощью моделей, построенных по сейсмологическим данным [3]. Если рассматривать проблему предвестников землетрясений, то можно отметить уменьшение относительной скорости смещения [7] в зоне Главного

Саянского разлома в эпоху Южно-Байкальского землетрясения 1999 г. ( $M = 6.1$ ) и остановку вертикальных движений (Рис. 2) в эпоху, предшествующую Култукскому землетрясению 2008 г. ( $M = 6.3$ ).

Работа выполнена в рамках проекта НИР ИНГТ СО РАН номер FWZZ-2022-0019 и проектов НИР ТОИ ДВО РАН, ИАиЭ СО РАН и ФИЦ ЕГС РАН СФ.

### Литература

1. Logatchev N.A., Zorin Yu.A., Rogozhina V.A. Baikal rift: Active or passive? Comparison of the Baikal and Kenya rift zones // *Tectonophysics*. 1983. 94. 223-240.
2. Ashurkov S.V., Sankov V.A., Serov M.A., Luk'yanov P.Y., Grib N.N., Bordonskii G.S., Dembelov M.G.. Evaluation of Present-Day Deformations in the Amurian Plate and Its Surroundings, Based on GPS Data. // *Russian Geology and Geophysics*. 2016. 57 (11). 1626–1634. <https://doi.org/10.1016/j.rgg.2016.10.008>.
3. Сайт: <http://seis-bykl.ru/>; <http://www.seismo.crust.irk.ru/modules.php>
4. Arnautov G.P., Kalish E.N., Smirnov M.G., Stus' Yu.F., Tarasyuk V.G. // Laser ballistic gravimeter GABL-M and gravity observation results // *Avtometria*. 1994. N. 3. P. 3-11.
5. Stus Y.F., Arnautov G.P., Kalish E.N., Timofeev V.Y. Non-tidal Gravity variation and Geodynamic Processes. // "Gravity and Geoid". Springer. Germany. 1995. P. 35-43.
6. Тимофеев В.Ю., Ардюков Д.Г., Тимофеев А.В., Горнов П.Ю., Стусь Ю.Ф., Семибаламут В.М., Вариации объёмной деформации и уровня воды в скважинах, их влияние на результаты гравиметрических измерений // *Вестник СГУГиТ*. 2021. Т. 26. № 5. С. 40-51; Doi: 10.33764/2411-1759-2021-26-5-40-51 <https://doi.org/10.21455/si2021.2-2>
7. Саньков В.А., Чипизубов А.В., Лухнёв А.В., Смекалин О.П., Мирошниченко А.И., Кале Э., Девершер Ж. Подход к оценке опасности сильного землетрясения в зоне Главного Саянского разлома по данным GPS-геодезии и палеосейсмологии // *Геология и геофизика*. 2004. № 11. С. 1369-1376.
8. Sankov V.A., Lukhnev A.V., Miroshnitchenko A.I., Dobrynina A.A., Ashurkov S.V., Byzov L.M., Dembelov M.G., Calais E., Déverchère J. Contemporary Horizontal Movements and Seismicity of the South Baikal Basin (Baikal Rift System) // *Izvestiya. Physics of the Solid Earth*. 2014. 50. P. 785–794. <https://doi.org/10.1134/S106935131406007X>.