

ВРЕМЕННОЙ СПЕКТР КОЛЕБАНИЙ УРОВНЯ ЧЕРНОГО МОРЯ И ЕГО ВОЗМОЖНАЯ СВЯЗЬ С ДИНАМИКОЙ ИЗМЕНЕНИЯ ПОЛОЖЕНИЯ РТ-22 КРАО КАК ЭЛЕМЕНТА ЕВРОПЕЙСКОЙ ГЕОДИНАМИЧЕСКОЙ РСДБ СЕТИ

М.И.Рябов¹, А.Е.Вольвач², А.Л.Сухарев¹, А.И.Донских³, В.В.Адобовский⁴, Н.Я.Куклина⁵,
О.А.Шабалина⁵, Г.А.Губарь⁶, С.Л.Покидайло⁶

¹ Одесская обсерватория «Уран-4» Радиоастрономического института НАН Украины

² Лаборатория радиоастрономии НИИ «Крымская астрофизическая обсерватория»
МОН Украины

³ Кафедра астрономии физического факультета Одесского национального
университета им.И.И.Мечникова

⁴ Одесский филиал института биологии Южных морей НАН Украины

⁵ Экспериментальное отделение Морского гидрофизического института
НАН Украины

⁶ Ялтинская Морская гидрометеорологическая станция МЧС Украины

ABSTRACT. Using the international geodynamic VLBI program during 1994-2010 years the coordinates of the station "Simeiz" are determined. The results of measuring of RT-22 Simeiz coordinates with the monthly averages of the data long-term measurements of the Black Sea level stations, located in Odessa, Ochakov, Sevastopol, Yalta and Katsively are estimated. All items of sea level measuring have a different water flow, which gives the opportunity to explore global geodynamic processes and their dependence on solar activity cycle. The spectrum of sea level variations in different points indicates the presence the periods of one to 11 and 22 years. Using wavelet analysis the periods for each level station separately are estimated.

Введение

На базе станций космической геодезии и геодинамики лаборатории радиоастрономии НИИ «КрАО» (ЛРА НИИ «КрАО») и Крымской лазерной обсерватории ГАО НАН Украины (КЛО ГАО НАНУ) создан уникальный геодинимический полигон «Симеиз-Кацивели», который объединяет все три технологии наблюдений – РСДБ станцию «Симеиз», два лазерных спутниковых дальномера, две станции радиотехнических наблюдений спутников глобальных навигацион-

ных систем и датчик уровня моря. Близкое расположение (менее чем 3 км) дает возможность контролировать их положение прямыми геодезическими измерениями.

Все станции геодезии и геодинамики ЛРА НИИ «КрАО» и КЛО ГАО НАНУ являются интегрированными в соответствующие Международные службы. Полученные данные используются для исследования динамики Земли, разнообразных геофизических явлений, построения земной и небесной систем координат, решения задач базового координатно-временного обеспечения Украины, потребностей космической навигации.

Радиотелескоп РТ-22 расположен на берегу Черного моря, медленное и длительное изменение уровня океана может быть вызвано двойными причинами. Уровень моря повышается или понижается в связи с увеличением или уменьшением воды в нем (например, во время весенних паводков) либо за счет поднятия или опускания дна.

1. Измерение координат РСДБ станции «Симеиз»

Радиогалактики и квазары – удаленные космические объекты, исследование которых имеет

фундаментальное и прикладное значение. Мощное энерговыделение при относительно малых размерах областей делает их доступными для наблюдений на огромных космологических расстояниях, а понимание физики этих объектов позволяет уточнить представления об эволюции Вселенной.

Наблюдая предельно удаленные квазары, большая часть которых в картинной плоскости неподвижна, на миллисекундном уровне, на протяжении сотен лет, метод радиоинтерферометрии со сверхдлинными базами (РСДБ) позволяет, с точностью до длины волны, измерять расстояния между наземными пунктами, разнесенными на тысячи километров друг от друга.

По РСДБ наблюдениям на РТ-22, выполненным по международным геодинамическим программам на протяжении 1994-2010 гг., получены оценки горизонтальной и вертикальной скорости движения станции "Симеиз". Проанализировав массив из 2.7 миллионов наблюдений, определено, что станция перемещается в северо-восточном направлении с абсолютной скоростью 32.8 мм/год, а относительно Евразийской тектонической плиты – со скоростью 2.9 мм/год в том же северо-восточном направлении (рис.1). Возможные систематические эффекты были тщательно исследованы, и оценена надежность определения формальных значений ошибок.

Дополнительно исследована стабильность положения станции относительно местных маркеров.

На рис. 2-4 заметно наличие трендов и наличие периодических колебаний. При проведении соответствующих процедур интерполяции и сглаживания методом Фурье анализа временных рядов определены основные периоды динамики движения РТ-22 в исследуемом периоде времени.

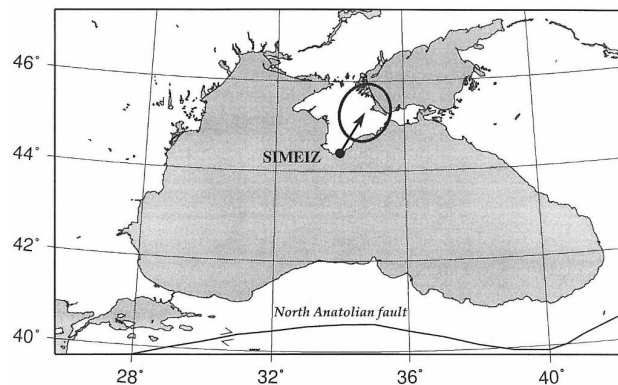


Рисунок 1. Движение станции Симеиз

На рис. 2-4 показаны частотные спектры временных изменений координат X, Y, Z положения станции Симеиз в период с 1994 по 2010 гг.

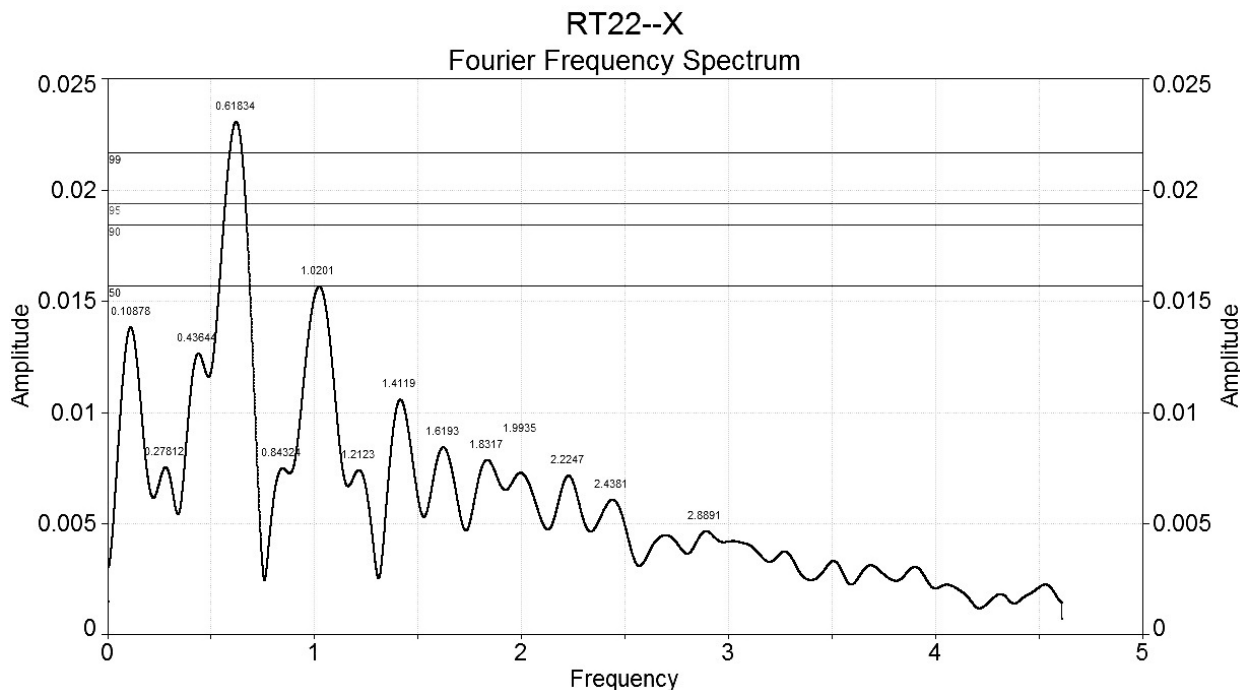


Рисунок 2. Частотный спектр изменения положения РТ-22 по координате X

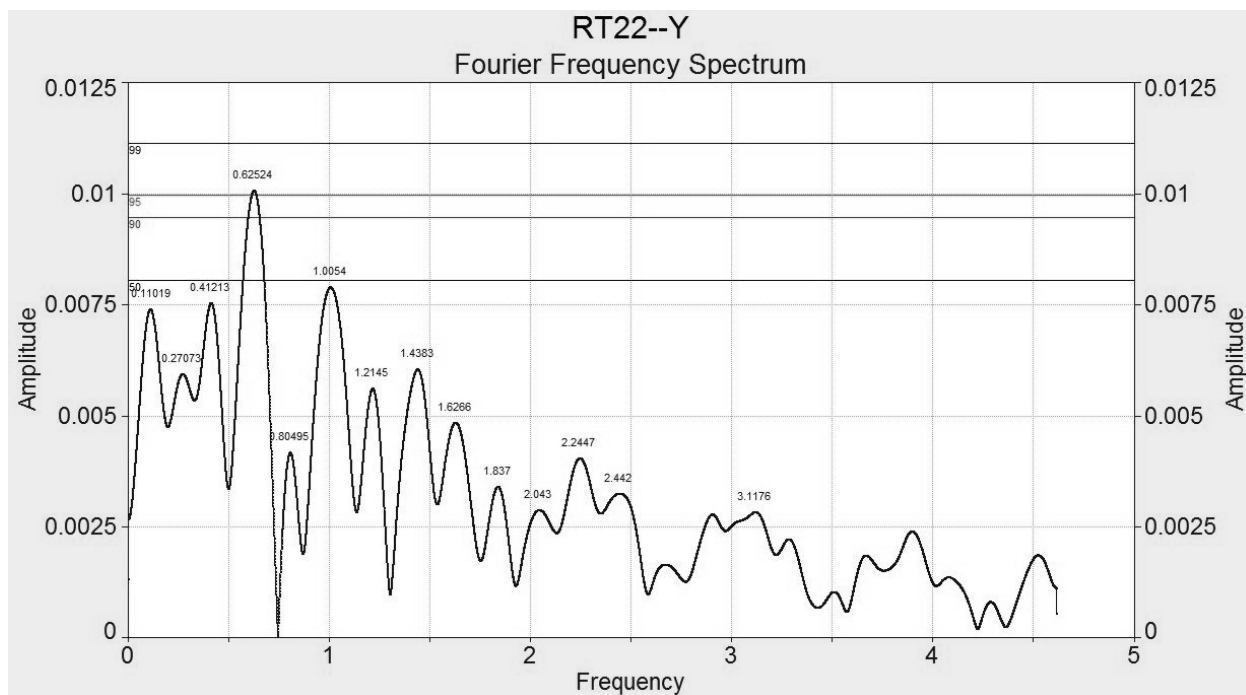


Рисунок 3. Частотный спектр изменения положения RT-22 по координате Y

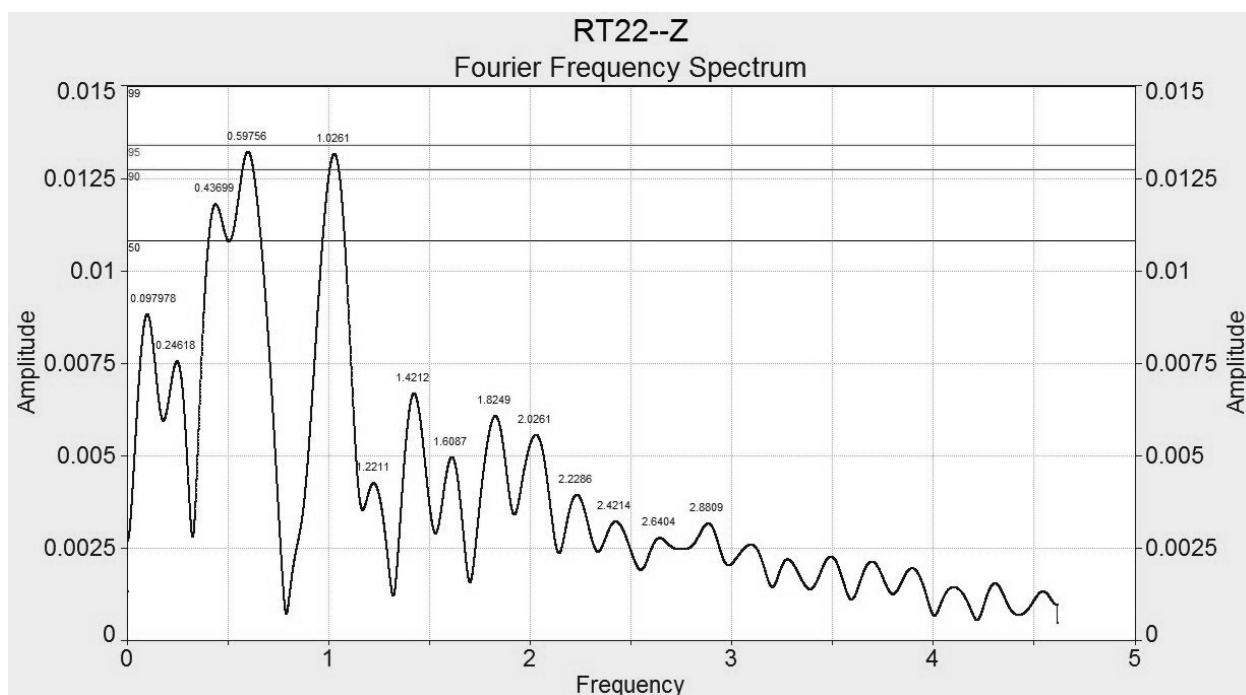


Рисунок 4. Частотный спектр изменения положения RT-22 по координате Z

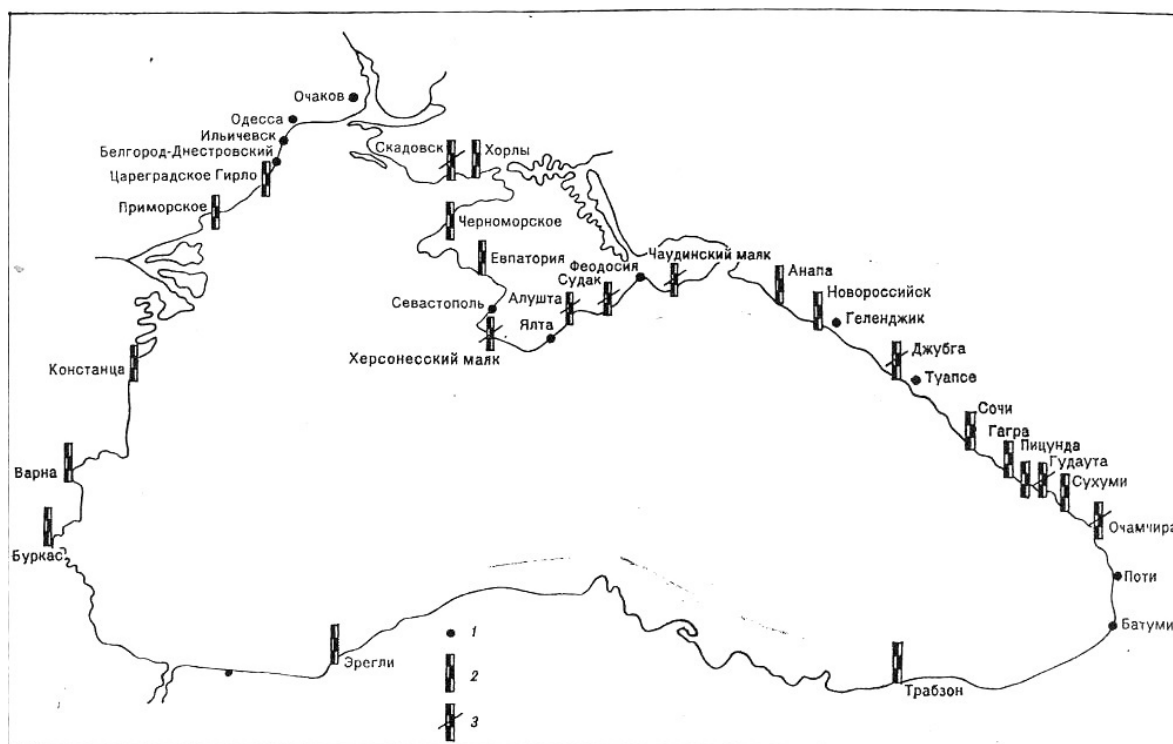


Рисунок 5. Схема расположения уровенных постов на Чёрном море

В результате проведенных расчетов отмечаются следующие особенности. По координате X максимальная амплитуда изменений приходится на частоту **0.62 (1.61 года)**, второй пик соответствует частоте **1.02 (0.97 года)**. По координате Y также основной максимум соответствует частоте **0.62**, а вторичный максимум **1.005 (0.99 года)**. Для координаты Z проявились два равных пика соответствующих частотам **0.59 (1.7 года)** и **1.02 (0.97 года)**.

2. Результаты измерений уровня моря

Традиционно, вот уже на протяжении более ста лет, уровень моря измеряется на береговых приливных станциях [1].

Уровнем моря называется высота поверхности моря, свободной от влияния ветровых волн и зыби, измеряемая относительно условного горизонта. Уровенной поверхностью называется поверхность морей и океанов, нормальная к направлению силы тяжести. Для целей данной работы использовались данные среднемесячных значений уровня моря для станций в Одессе, Очакове, Ялте и Кацивели расположенных в регионах с различным уровнем водостока.

Результаты обработки данных методом Фурье анализа временных рядов по всем исследуемым станциям приведены в Таблице 1.

Таблица 1. Основные периоды изменений уровня Черного моря по уровенным станциям в Очакове, Одессе, Ялте и Кацивели.

Станция	Период (месяцы)	Величина периодограммы
Очаков (1986-2005)	6	376
	12	5000
	14	624
	17	675
	20	698
Одесса (1945-2010)	40	743
	6	146
	12	12839
	20	1799
	28	1346
	44	2851
	53	1777
99	1761	
Ялта (1992-2003)	132	2806
	396	3173
	6	225
	10	282
	12	1420
	14	586
Кацивели (1992-2009)	21	358
	29	643
	6	363
	12	1986
	17	594
	40	754

Исследуемые данные были различной продолжительности. Тем не менее, основной годовой период проявился по всем станциям. Наиболее интенсивным он оказался на станции Одесса. Меньшее значение периодограммы соответствует станциям в Ялте и Кацивели, как пунктов удаленных от речных стоков. В тоже время на всех станциях выделяется период в 20 месяцев. На станции Одесса, как наиболее продолжительным по измерениям обнаруживается наличие 11-летнего периода. Перспективой дальнейшего анализа является использование вейвлет анализа, который позволяет обнаружить динамику появления и изменения основных периодов. Пример эффективности этого метода продемонстрирован на Рис. 14, где показано как изменяются основные периоды на интервале времени с 1875 года по настоящее время на станции Одесса. Здесь видно наличие 11 летнего периода, годового периода и других, приведенных в Таблице 1. Однако также хорошо наблюдается «прерывание» отдельных периодов или их дрейф в сторону уменьшения или увеличения. Все эти эффекты станут предметом дальнейшего исследования по всем исследуемым станциям.

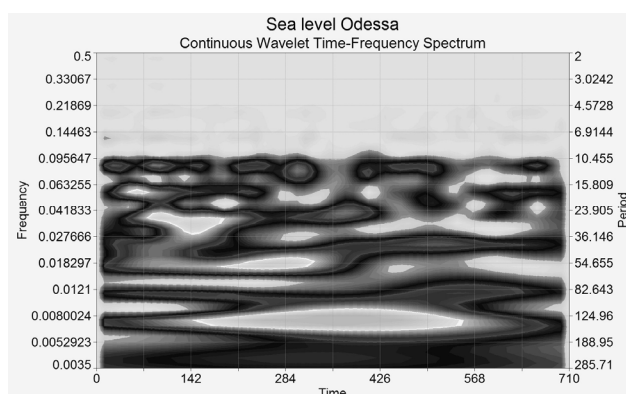


Рисунок 6. Вейвлет анализ изменения уровня моря в Одессе за период 1875-2010 гг.

Выводы

Применяемый для рассмотрения метод Фурье и вейвлет анализа исследования колебаний уровня моря и динамики движения базы РТ-22 является перспективным в связи с длительными рядами наблюдений и широким спектром колебаний. Каждый из

обнаруженных периодов колебаний уровня моря может стать основой для детального изучения основных причин сопутствующих этим колебаниям.

На основе данных обработки по станциям в Одессе, Ялте, Кацивели, и Очакове получены следующие результаты:

1. На всех станциях (в Одессе, Ялте, Кацивели и Очакове) присутствуют годовые и полугодовые компоненты. Причиной их появления является сезонная составляющая, которая связана со стоком рек в весенний и летний периоды.

2. Максимальное значение годовой и полугодовой компонент зафиксированы в Одессе и Очакове. В Ялте и Кацивели амплитуды этих компонент имеют меньшее значение. Это связано с близким расположением Одессы и Очакова к стокам крупных рек, таких как Дунай и Южный Буг.

3. Присутствие 11-летнего цикла обнаружено в данных измерений уровня моря по станции Одесса как наиболее продолжительного (1945-2010). Основная причина наличия такой периодичности связана с влиянием цикла солнечной активности на динамику атмосферной циркуляции и скорости вращения Земли.

4. Наличие циклов продолжительностью свыше года, наблюдаемых одновременно на различных станциях, может быть объяснено колебательными процессами, происходящими на разломе, который разделяет акваторию Чёрного моря на западную и восточную части.

5. Наличие периодических изменений координат базы РТ-22 с периодом около 1 года говорит о возможности прямой связи с изменениями уровня моря, а период около 2-х лет может быть обусловлен тектоническими процессами.

Литература

1. Безруков Ю.Ф. Колебания уровня и волны в Мировом океане. // Учебное пособие – Симферополь: Таврический Национальный Университет им. В.И. Вернадского, 2001. – 50с.
2. Рябов М.И., Вольвач А.Е., Адобовский В.В. и др., О зависимости геодинимических характеристик Черного Моря по данным многолетнего мониторинга изменений его уровня от фазы солнечного цикла. // Труды X Гамовской астрономической конференции-школы. – 2010. – С. 185.