

УДК 57.045

А.С. БОРОДИН, В.Т. САРЫЧЕВ, Ю.А. КУЗЬМИНА, Д.А. ТУЖИЛКИН

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ СПЕКТРАЛЬНЫХ СОСТАВЛЯЮЩИХ ВАРИАЦИЙ АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ ЧЕЛОВЕКА

Показано, что метод непрерывных спектров является наиболее адекватным для нахождения функций амплитудных и фазовых спектров временных рядов физиологических параметров сердечно-сосудистой системы, поскольку регламентированные частоты в других методах могут не соответствовать истинным максимумам мод вариаций этих параметров в частотной области.

Ключевые слова: артериальное давление, спектральное оценивание.

Исследования хроноструктуры параметров сердечно-сосудистой системы (ССС) человека [1] и её изменчивость под воздействием факторов окружающей среды являются актуальными в различных областях геоэкологии. Для нахождения ритмов ССС преимущественно пользуются спектральным разложением того или иного параметра, характеризующего её активность на некотором интервале времени.

В данной работе использовались следующие методы спектрального оценивания систолического артериального давления (САД): косинорный метод [2], метод нелинейного оценивания [3], метод преобразования Фурье [4], метод комплексного спектра [5]. На основе этих методов проводилось сравнение изменчивости вариаций артериального давления 37 здоровых волонтеров в возрасте 19 – 22 лет.

На рис. 1 представлена индивидуальная изменчивость амплитуды суточной и полусуточной компоненты САД (показатели $sad_{24_A_f}$ и $sad_{12_A_f}$, $sad_A_{24_n}$ и $sad_A_{12_n}$, $sad_A_{24_c}$ и $sad_A_{12_c}$, $sad_{24_A_sp}$ и $sad_{12_A_sp}$ представляют амплитуду 24- и 12-часовой гармоник систолического давления по методу преобразования Фурье, по методу нелинейного оценивания, по косинорному методу и по методу комплексного спектра соответственно). Видно, что результаты спектрального оценивания похожи. Их изменчивость по волонтерам и основные максимумы в большинстве случаев совпадают, однако в ряде случаев максимумы мод амплитуд приходятся на совершенно другие периоды по методу комплексного спектра.

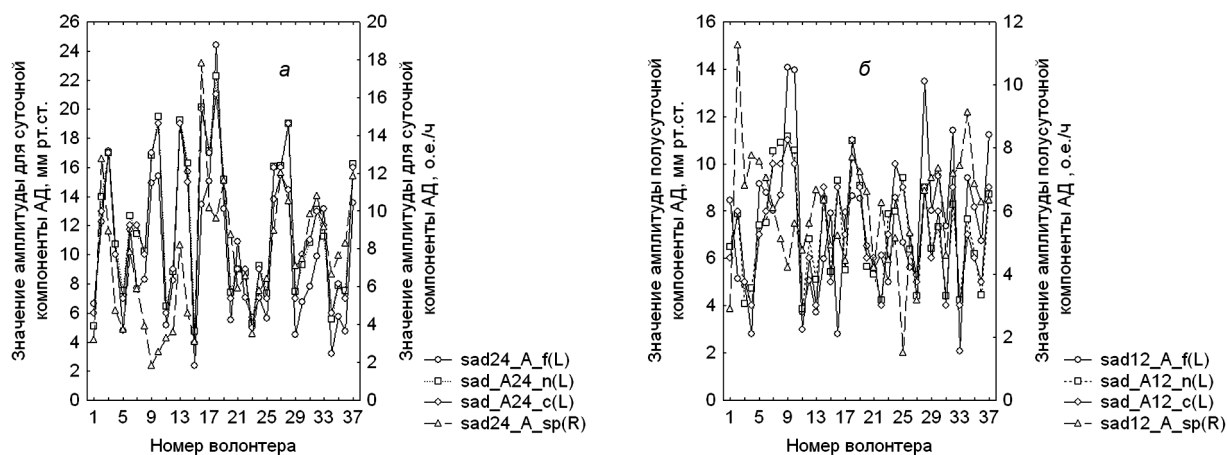


Рис. 1. Индивидуальная изменчивость амплитуды суточной (а) и полусуточной (б) компоненты показателя САД по разным методам спектрального оценивания

По методу преобразования Фурье среднее значение амплитуды для суточной компоненты (МО) по выборке равно 10,12 мм рт.ст. со стандартным отклонением (СТО), равным 5,3 мм рт.ст. По методу нелинейного оценивания МО по выборке равно 11,9 мм рт.ст. с СТО 4,9 мм рт.ст. По методу «Косинор» МО 11,8 мм рт.ст. с СТО 4,8 мм рт.ст. Учитывая погрешность измерений 2 мм рт.ст., можно считать разницу между этими методами несущественной. Стоит принять во внимание, что по методу комплексного спектра значение моды выводится в виде плотности амплитуды. Кроме того, надо иметь в виду, что это значение относится к суточной гармонике, кото-

рая, как будет показано ниже, не соответствует максимуму моды, а выбрана в данном случае только для 24-часовой составляющей. По данному методу МО 7,4 о.е./ч с СТО 3,5 о.е./ч.

Для полусуточной компоненты по методу преобразования Фурье МО равно 7,2 мм рт.ст. с СТО равным 3,2 мм рт.ст. По методу нелинейного оценивания МО по выборке равно 7,13 мм рт.ст. с СТО равным 2,21 мм рт.ст. По методу «Косинор» МО равно 7,11 мм рт.ст. с СТО равным 2,25 мм рт.ст. По методу комплексного спектра МО равно 6 о.е./ч с СТО равным 6,3.

Типичный результат различия в получаемых характеристиках амплитудного спектра по методу комплексного спектра для САД на примере суточной записи одного волонтера и предполагаемых мод на основе дискретного Фурье преобразования можно видеть на рис. 2.

На амплитудно-частотной характеристике показателя САД явный максимум имеет амплитуда первой моды. Видно, что период первой гармоники, содержащей наибольшую часть спектра, лежит в районе околосуточной гармоники. Однако период этой моды не соответствует основной суточной гармонике, что явно говорит о нарушении суточного ритма у данного волонтера. Конкретное значение этого периода равно 20 ч.

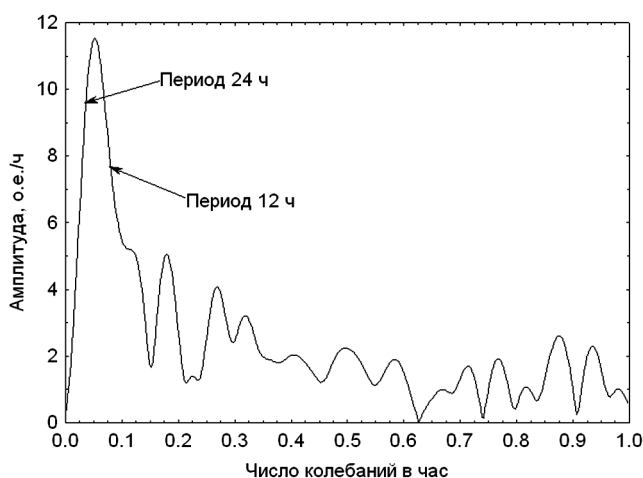


Рис. 2. Амплитудно-частотная характеристика показателя SAD (волонтер РЕА)

Таким образом, оценки представленными методами, за исключением метода комплексного спектра, могут не давать истинных максимумов мод почти периодических процессов при ограниченном разрешении по частоте, связанном с использованием для анализа суточного интервала наблюдения. Метод комплексного спектра с этой точки зрения, несмотря на отсутствие 100 %-й объясненности дисперсии исходных вариаций исследуемой переменной, представляется наиболее адекватным для нахождения функций амплитудных и фазовых спектров стохастических временных рядов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бреус Т.К., Чибисов С.М., Баевский Р.Н., Шебхузov К.В. Хроноструктура ритмов сердца и факторы внешней среды. – М.: РУДН, «Полиграф сервис», 2002. – 232 с.
2. Багриновский К.А., Багинская Н.В., Баженова А.Ф., Колпаков М.Г. // Кибернетические подходы к биологии. – Новосибирск: Наука, 1973. – С. 196–209.
3. Боровиков В.П., Боровиков И.П. STATISTICA – Статистический анализ и обработка данных в среде Windows. – М.: Информационно-издательский дом «Филинь», 1997. – 608 с.
4. Бендат Дж., Пирсон А. Прикладной анализ случайных данных. – М.: Мир, 1989. – 540 с.
5. Апрыткина М.Л., Бородин А.С., Сарычев В.Т. // Изв. вузов. Физика. – 2010. – Т. 51. – № 9/3. – С. 231–232.

Национальный исследовательский Томский государственный университет,
г. Томск, Россия
E-mail: bas_56@mail.ru

Поступила в редакцию 15.06.12.

Бородин Александр Семенович, к.б.н., доцент;
Сарычев Валерий Тимофеевич, д.ф.-м.н., профессор;
Кузьмина Юлия Алексеевна, студентка;
Тужилкин Дмитрий Алексеевич, аспирант.