

ФАЗОВО-АМПЛИТУДНЫЙ СПЕКТРАЛЬНЫЙ ФИЛЬМ

Д.т.н., профессор В.Р.Женило

Проблема визуализации и анализа следов речи и любых иных сигналов, несущих информацию о тех или иных событиях или объектах, до сих пор остается достаточно актуальной. В настоящее время основным способом их визуализации все еще остается амплитудная сонограмма. Эта форма визуального представления следов речи чаще всего применяется в экспертно-криминалистической практике и работе иных служб, связанных с исследованием следов речи. Но, как уже не раз отмечалось ранее, амплитудная сонограмма отражает далеко не всю информацию о следе исследуемого объекта, представленного в сигнальной форме. Вторая часть спектральной информации, содержащейся в фазовом спектре, все еще «выбрасывается в корзину» почти во всех упомянутых исследованиях. В разработанной автором компьютерной системе «Мастерская сигналов» сделана попытка частичной визуализации фазовой информации.

Чтобы отличить обычную амплитудную сонограмму от фазово-амплитудной, будем последнюю называть "фасфильмом" (фазово-амплитудным спектральным фильмом). Корень «фильм» более уместен в цифровой (компьютерной) технологии спектрального динамического анализа сигналов, поскольку компьютерная сонограмма строится по принципу фильма – сигнал нарезается на отдельные кусочки (кадры), каждый из которых затем преобразуется в комплексный спектр. Частота кадров фильма и спектральное разрешение по частоте взаимосвязаны в оптимальном фильме¹.

Проблема визуализации фазовой информации комплексного спектра отдельного кадра сигнала заключается в выборе «точки отсчета фазы». Говорить о таковой в общем случае не имеет особого смысла. Поэтому правильнее говорить о некоторой привязке оценки фазы к той или иной «особой» структуре сигнала. Например, если следить за развитием некоторой произвольно частотно-модулированной гармоники, то такой «точкой привязки» может служить разность фаз некоторых частотных компонентов сигнала в текущем и предыдущем кадре фасфильма. А можно отражать не разность фаз между соседними кадрами фасфильма, а форму фазового спектра, в которой содержится информация о тенденции изменения амплитуды или частоты той или иной частотной компоненты комплексного спектра внутри одного кадра.

¹ Женило В.Р. Сонофильм и его свойства / Сб. тезисов Международной конференции «Информатизация правоохранительных систем», М. МАИ, 1999. - с. 343-344.

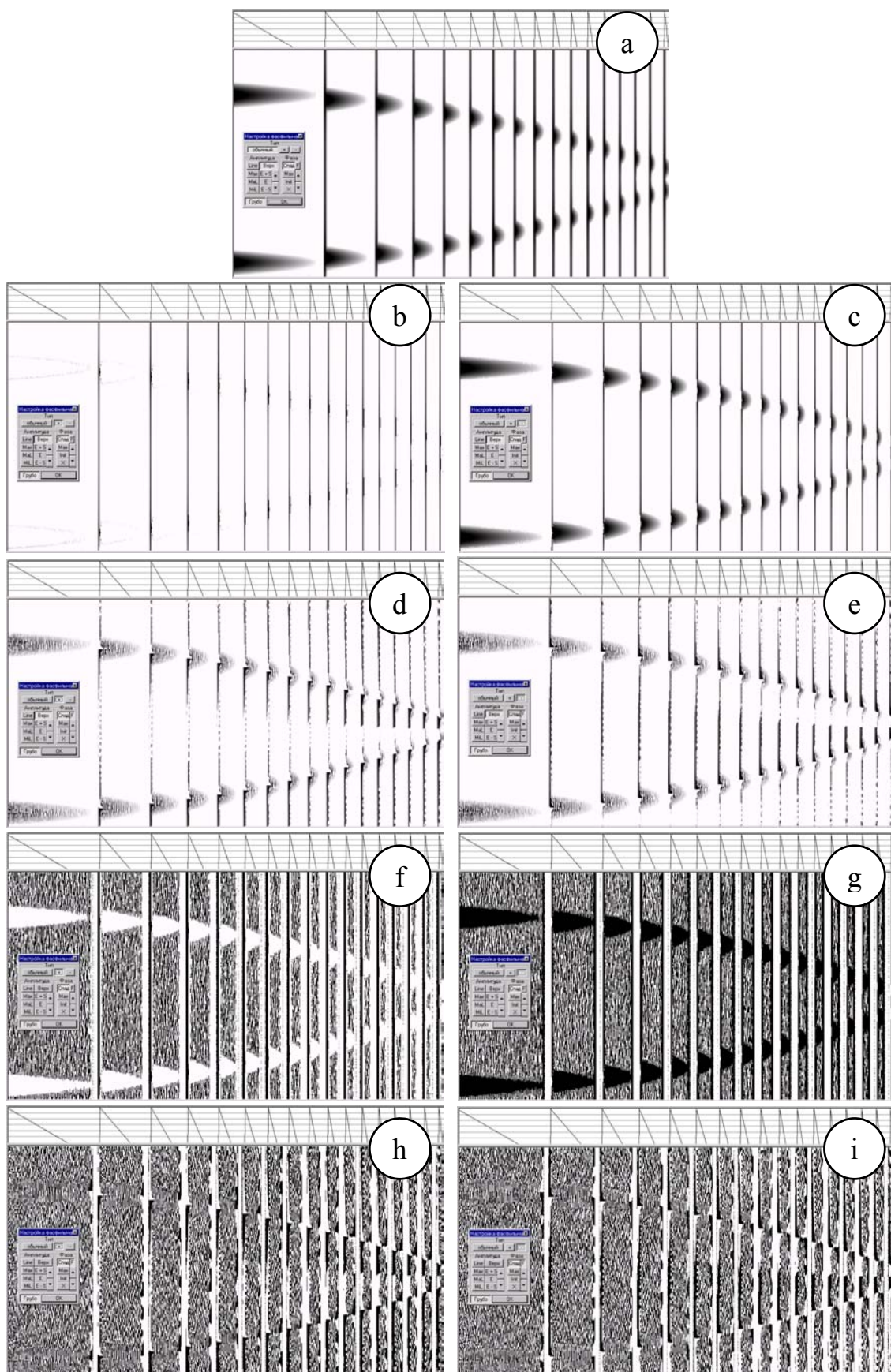


Рис. 1. Фасфильмы искусственных сигналов, по свойствам близких к речевым.

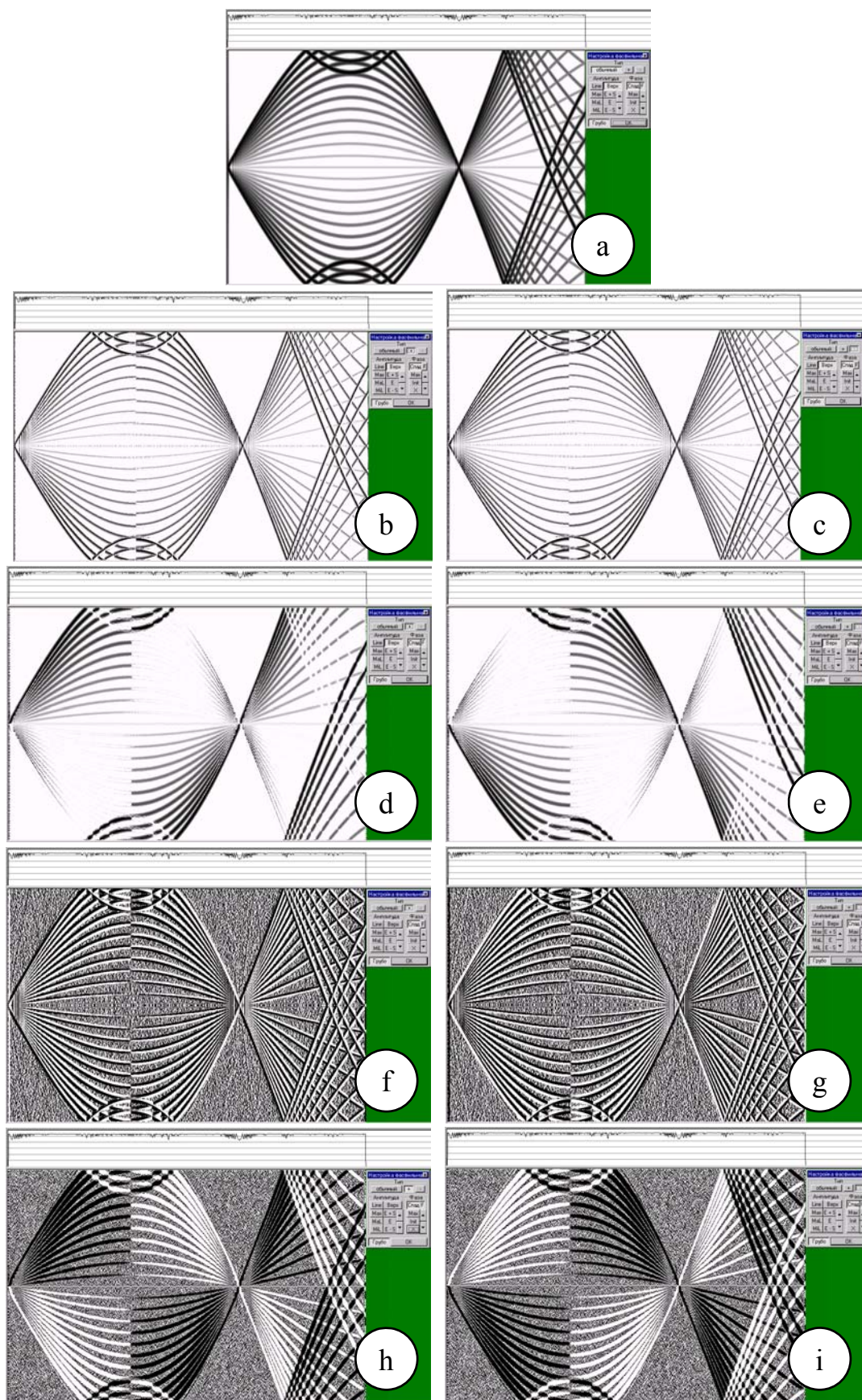


Рис. 2. Фасфильмы группы частотно модулированных сигналов.

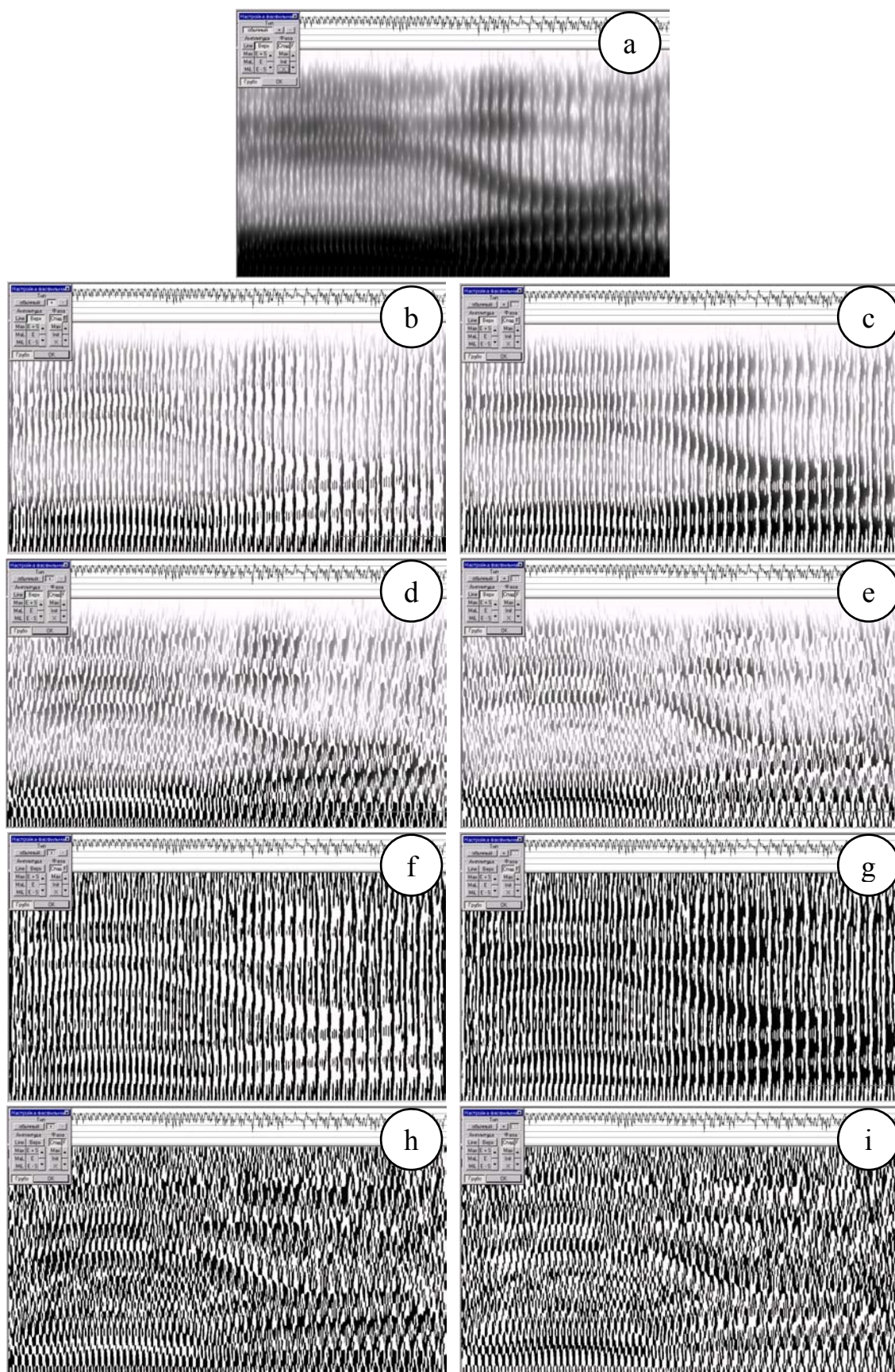


Рис. 3. Широкополосные фасфилмы речевого сигнала.

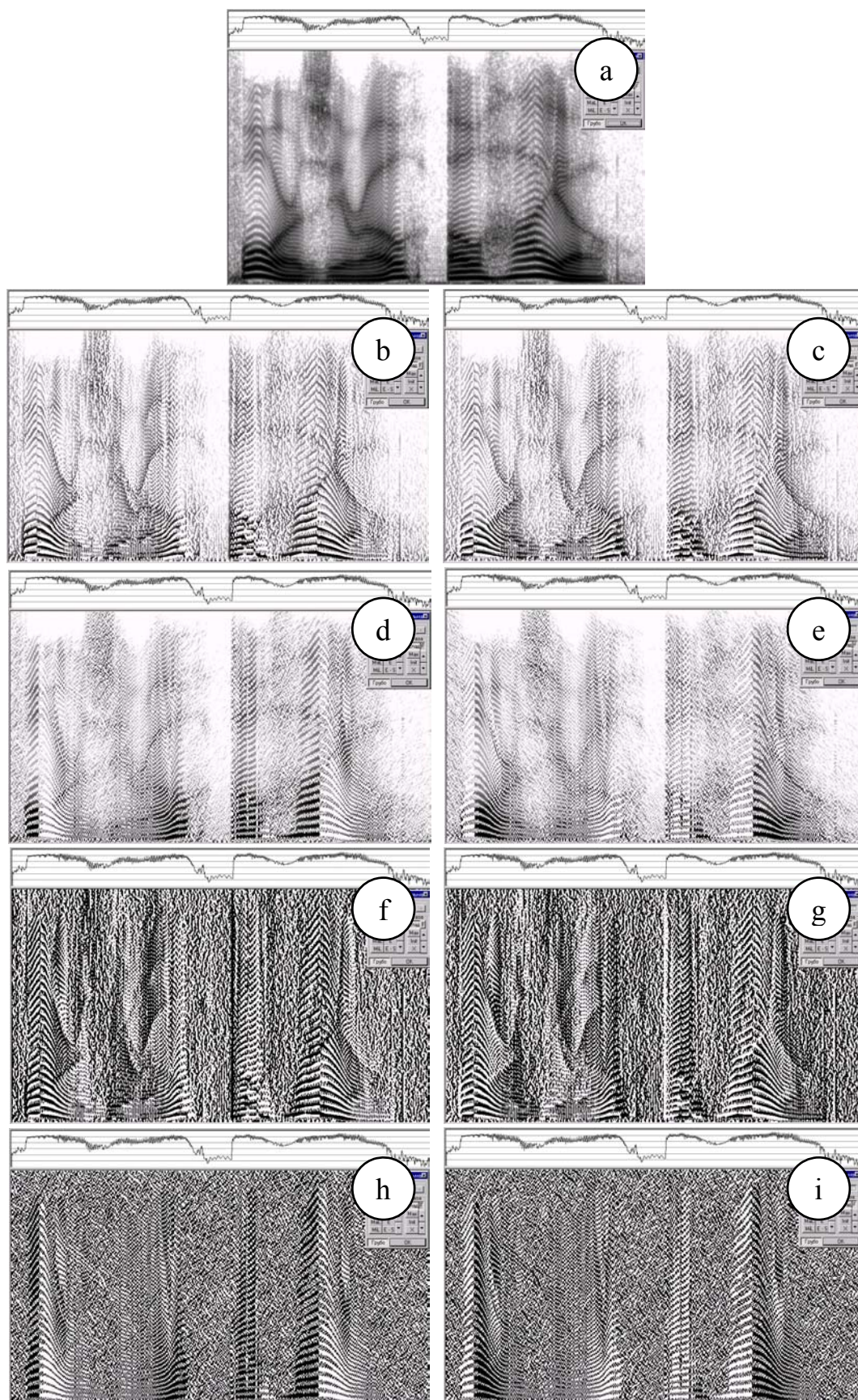


Рис. 4. Узкополосные фасфильмы речевого сигнала.

Из мгновенного фазового спектра (кадра фасфильма) можно извлечь информацию об амплитудной и частотной модуляции той или иной частотной компоненты. Фасфильм, отражающий амплитудную модуляцию, будем называть фасфильмом первого рода, а частотную – второго рода.

Фазовую информацию в фасфильмах удобно отражать разными цветами. Но, в силу черно-белой типографской печати данного сборника, каждый род фасфильма здесь представлен парой картинок. Первая картинка фасфильма первого рода отражает только те элементы обычной амплитудной сонограммы, у которых *мощность растет* во времени, а вторая картинка – у которых *мощность падает*. Первая картинка фасфильма второго рода отражает только те элементы амплитудной сонограммы, у которых *частота растет* во времени, а вторая картинка – у которых *частота уменьшается*.

Рассмотрим основные свойства обоих типов фасфильмов на простейших показательных примерах.

На одинаково структурированных рисунка 1-4 показаны 9 типов фасфильмов:

- a) амплитудный, у которого вся информация о фазовом спектре скрыта (фактически - это обычная сонограмма);
- b) первого рода с отражением только усиливающихся по мощности элементов;
- c) первого рода с отражением только ослабевающих по мощности элементов;
- d) второго рода с отражением только растущих по частоте элементов;
- e) второго рода с отражением только убывающих по частоте элементов.

Фасфильмы (f), (g), (h), (i) на рисунках 1-4 аналогичны (b), (c), (d), (e). Но, в отличие от последних, на них отражаются только лишь фазовые спектры, вся амплитудная информация скрыта.

Важное свойство всех фасфильмов первого рода – на них четче различаются следы возбуждения речевого тракта голосовыми импульсами (см. рис. 1b и 3b) и следы резонансных частот (см. рис. 1c и 3c).

Важным свойством фасфильмов второго рода является хорошее расслоение следов частотно модулированных гармоник на растущие (см. рис. 2d и 4d) и убывающие по частоте (см. рис. 2e и 4e). Иногда, конечно же, рост частоты гармоник хорошо виден и на обычной амплитудной сонограмме. Но это лишь тогда, когда рост частоты значителен и разрешающая способность визуализации сонограммы позволяет его увидеть. А при очень малых вариациях частоты (следа) гармоники они на обычной амплитудной сонограмме не проявляются. Од-

нако, при той же разрешающей способности по частоте и времени эти вариации четко различаются на фасфильме.

Для иллюстрации изложенного на рис. 5 показаны следы частотно модулированной гармоник, у которой частота модуляции равна 5 Гц, а величина модуляции частоты равна 0,001%.



Рис. 5. Визуализация следа частотно модулированной гармоник (колебание частоты равно 0,001%).

Предложенный новый способ полной визуализации комплексного спектрального фильма будет полезен экспертам-фонокопиистам и всем исследователям, занимающимся извлечением информации о сонобъектах из их следов.