

МЕТОДИКА ИДЕНТИФИКАЦИИ ДИКТОРОВ ПО ГОЛОСУ И РЕЧИ НА ОСНОВЕ КОМПЛЕКСНОГО АНАЛИЗА ФОНОГРАММ COMPOSITE FORENSIC SPEAKER IDENTIFICATION METHOD

*Коваль С.Л., Лабутин П.В., Пеховский Т.С., Процина Е.А., Смирнова Н.А., Таланов А.О.
Центр Речевых Технологий, г. Санкт-Петербург, (koval@speechpro.com)*

Методика криминалистической идентификации дикторов по речи на русском и других языках включает в себя сравнение Гауссовых моделей речи, статистик основного тона голоса и формант, экспертное сравнение формант ударных гласных, формантное «выравнивание», структурный мелодический, лингвистический, аудитивный и психологический виды анализа.

Введение

В докладе описана методика выполнения криминалистической экспертизы фонограмм, решающая задачи идентификации дикторов на основе комплексного анализа голоса и речи на русском и других языках.

Предлагаемая методика криминалистической идентификации дикторов применяется на практике экспертами Центра Речевых Технологий в течение 15 лет, последние несколько лет она получила распространение и в ряде государственных экспертных учреждений России, Казахстана и других стран. При выполнении нескольких сот идентификационных экспертиз (всего более 1500 идентификаций) при последующих судебных разбирательствах ошибок в идентификации не обнаружено. Экспертизы выполнялись на русском, английском, чеченском, армянском, грузинском, азербайджанском, испанском, хинди и других языках.

Методика является развитием известной методики идентификации дикторов «Диалект» [6] и включает в себя ее использование как один из возможных способов реализации ряда шагов выполнения экспертизы.

Основные положения данной методики изложены в монографиях, методических пособиях, отчетах по выполненным НИОКР и научных докладах. Они неоднократно обсуждались на различных научно-практических семинарах, проводимых экспертными подразделениями МЮ и МВД РФ. Излагаемый подход получил одобрение научного и экспертного сообщества на профильных международных научных конференциях [7-29]. В его разработке учтены доступные на сегодня методические и научные рекомендации в данной предметной области [1-6,30].

Рекомендуемая структура идентификационного исследования

Структура идентификационного исследования речевых фонограмм напрямую зависит от применяемой методики и в целом соответствует типовой структуре экспертного заключения, принятого на сегодня для данного вида экспертиз в экспертных учреждениях системы МВД, МЮ, ФСБ и ФСНК России.

Применяемая методика предполагает использование таких видов анализа как аудитивный (включающий анализ специфики звучания речи, а также обличковых и социально- психологических характеристик диктора), лингвистический и инструментальный, включая интегральный и сегментный анализ речевого сигнала. Экспертиза, выполняемая по такой методике должна производиться одним подготовленным опытным экспертом или комиссией экспертов, обладающих специальными знаниями в области инструментального исследования речи, лингвистики и психологии.

Согласно существующему законодательству Заключение эксперта должно быть **объективным, обоснованным, полным** (то есть *содержать исчерпывающие ответы на поставленные вопросы*), **всесторонним, тщательным**, проводиться **в пределах специальности эксперта, на строго научной и практической основе с использованием современных достижений науки и техники**.

Полнота и всесторонность в данном случае требуют от эксперта использования различных, максимально независимых видов исследования, затрагивающих все основные, принципиально различающиеся по своей природе идентификационные свойства речи диктора. Такими общепризнанными современной наукой, техникой и экспертной практикой базовыми идентификационно-значимыми свойствами диктора являются акустические характеристики речевого аппарата диктора, обличковые качества диктора и его речевые навыки. Соответственно,

направленными на их исследование типовыми методами анализа являются: анализ формантно-спектральной и мелодической структуры речевого сигнала, анализ проявления в речи биологических и психосоциальных свойств диктора и анализ коммуникативных навыков диктора. Обычно в экспертной среде данные виды анализа, исходя из основного используемого подхода при их реализации, условно называют «инструментальным», «аудитивным» и «лингвистическим». В случае выполнения исследований для речи на нерусском языке все виды исследований сохраняются, хотя и имеют свою специфику.

Решение о достаточности применяемых видов исследования принимает лично эксперт, исходя из всей совокупности собранных сведений, собственного опыта и доступных ему знаний и методических рекомендаций.

В рамках излагаемой методики рекомендуется следующая типовая структура исследования и заключения эксперта:

- Введение
 - «Подписка» экспертов, сведения об экспертах, поставленные вопросы,
 - Предоставленные материалы
- Исследование
 - Описание методики исследования
 - Описание и предварительное исследование материалов
 - Описание объектов исследования
 - Предварительная обработка материалов:
 - Локализация объектов последующего исследования
 - Шумоочистка
 - Сегментация
 - Аудитивный анализ
 - Аудитивно-психологический анализ
 - Лингвистический анализ
 - Фонетический анализ
 - Просодический анализ
 - Анализ типологии мелодических контуров
 - Структурный анализ мелодических контуров
 - Инструментальный контроль результатов
 - Синтаксический, семантический и прагматический анализ
 - Инструментальный анализ
 - Интегральный статистический анализ речевых характеристик
 - Анализ статистики ЧОТ
 - Анализ статистики спектральных признаков
 - Анализ статистических (Гауссовых) моделей речи дикторов
 - Формантный анализ
 - Фонемный анализ
 - Гласные (ударные, безударные)
 - Согласные (назальные, аффрикаты, щелевые, вибранты)
 - Метод формантного выравнивания
- Заключение
 - Синтезирующее рассмотрение, формулировка выводов
 - Составление заключения

Основное исследование начинается с описания методики выполнения идентификационного исследования, которое включает в себя изложение целей и методов каждого проводимого вида анализа (аудитивного, лингвистического и инструментального).

В ходе аудитивного анализа перцептивно для сравниваемых дикторов исследуются и сопоставляются стабильные аудитивные свойства его речи на уровне речевого потока, устанавливаемые по своим проявлениям в речевом сигнале анатомо-физиологические особенности речеобразующего аппарата диктора, индивидуальные интегральные особенности артикуляции и речевых навыков, особенности эмоционально-психологического состояния, психологических и социокультурных характеристик дикторов. Объективность данного вида исследования обеспечивалась подтвержденной тестами подготовленностью экспертов при аудитивном шкалировании оцениваемых свойств речевого сигнала и дикторских качеств по речи, выполнением данного вида исследования независимо несколькими экспертами, использованием набора речевых эталонов, демонстрирующих проявление

оцениваемых дикторских свойств, а также с помощью инструментальных средств контроля.

Основным направлением лингвистического исследования является установление тождества-отличия речи сравниваемых дикторов на основе анализа их индивидуальных особенностей произнесения речевых единиц различного уровня - от речевого потока до отдельных дифференциальных признаков фонем. Исследуются вариативность в рамках нормы, а также индивидуальные ненормативные особенности речепроизводства. Особенности реализации тех или иных лингвистических элементов и структур (не зависимо от языка произнесения), установленные экспертом аудитивно, контролируются инструментально.

В ходе инструментального анализа речевых сигналов проводится исследование статистических мелодических и спектральных речевых характеристик. В рамках статистического спектрально-формантного анализа [14,19] для отрезков речевого сигнала на каждой фонограмме выделялись микрофрагменты с четко выраженной формантной структурой спектра. Далее для микрофрагментов каждого типа в речевом сигнале сравниваемой фонограммы проводится поиск микрофрагментов с аналогичными по структуре спектрами. Интегральная средняя степень близости таких сопоставленных друг другу микрофрагментов для всего речевого сигнала сравниваемых фонограмм являлась мерой близости сравниваемых дикторов. Если мера близости дикторов не превышает найденного на представительной речевой базе данных порога, то дикторы считаются с точки зрения данного метода тождественными [33].

Статистические характеристики основного тона голоса вычисляются на сопоставимых по эмоциональному состоянию фрагментах речевого сигнала не менее 30 секунд. Для каждого такого отрезка определяется 16 основных статистических характеристик частоты основного тона голоса (статистические моменты частоты тона и его производной, дисперсия, максимальные и минимальные значения, основные параметры гистограммы). Далее совокупность полученных характеристик сравнивалась между собой для фонограмм образцов и спорной фонограммы. Если мера близости статистических характеристик Частоты тона голоса дикторов не превышает найденного на представительной речевой базе данных порога, то дикторы считаются с точки зрения данного метода тождественными [29].

Для автоматического инструментального сравнения дикторов используется также метод на основе построения гауссовых статистических моделей параметрического представления речевого сигнала [31]. Сравнение таких моделей позволяет определить тождество/различие дикторов с точки зрения совпадения статистик представленности в их речи звуков разных типов (с точки зрения их спектральной реализации).

Для речи на одном и том же языке необходимо найти в речевом материале образцов и на спорных фонограммах аналогичные, сопоставимые по фонетической, лексической и просодической реализации речевые единицы и сравнить для них проявление идентифицирующих признаков голоса и речи. Для речевого материала, произнесенного на разных языках в речевом материале образцов подбираются фонетически и/или соответственно просодически сопоставимые речевые элементы (слова/слоги/звуки).

Подразумевается, что эксперт достаточно квалифицирован для выполнения описанной процедуры, в частности, обладает тренированным фонетическим слухом, адаптированным к восприятию и оценке разноязычной речи.

Описание методики идентификационного исследования требует и краткого изложения лежащей в ее основе теории. Рассматриваемая методика идентификации личности на основе комплексного исследования голоса и речи уже была достаточно полно описана [7,8,12,16,18,23-28]. По базовой структуре выполняемых процедур исследования данная методика не отличается от наиболее распространенной в России методики «Диалект» [6] и, по сути, является ее дальнейшим развитием. Поэтому приведем лишь пример возможного описания базовых основ отдельных процедур рассматриваемой методики идентификации:

«Длительная научная, педагогическая и экспертная практика позволяют утверждать, что многие сложные речевые навыки вырабатываются человеком в течение длительного времени, сложны в усвоении, не подвержены существенным изменениям за счет ситуационных факторов, существенно зависят в своих деталях от индивидуальной специфики анатомии, физиологии, психологии, конкретных обстоятельств обучения речи, социального статуса и опыта диктора. Это позволяет считать многие проявления специфики произнесения речи и реализации речевых навыков стабильными и индивидуальными. В частности, в рамках аудитивного анализа относительно надежными идентификационными признаками диктора являются характер тембра звучания речи, ее манера, проявление в речи дефектов и патологий речеобразования, проявление в речи базовых биологических и социально-психологических характеристик диктора (пол, возраст, конституция, темперамент, соционический тип личности, основные характерологические черты, в ряде случаев профессия, уровень и тип образования и др.) В рамках лингвистического анализа установленными надежными идентификационными признаками являются особенности реализации и использования элементов речи на разных уровнях ее описания (фонетическом, просодическом, морфологическом, лексическом, грамматическом, семантическом, прагматическом, дискурсном). Многие индивидуальные особенности реализации тех или иных элементов речи не зависят от языка произнесения. Например,

используемая каждым диктором индивидуальная система фонем в рамках использования допустимых вариантов реализации фонем для данного языка является стабильной идентификационно значимой характеристикой. Описание каждой конкретной фонемы в произнесении рассматриваемого диктора задается в терминах универсальной системы описания фонетики произвольного языка, предложенной Международной фонетической ассоциацией (IPA). Для избегания спутывания индивидуальных особенностей речи данного диктора и общезыковых и диалектных особенностей речи в языке, на котором он говорит, эксперт должен иметь «лингвистический паспорт» данного языка. В этом паспорте должна быть описана специфика фонетической системы данного языка по сравнению с системой языка, родного для эксперта, а также сведения о диалектных особенностях данного языка. Имея такой паспорт [13,15,17] квалифицированный подготовленный эксперт может проводить лингвистический анализ и принимать идентификационное решение для дикторов, говорящих на незнакомом ему языке .

Анализ и описание конкретной системы фонем на незнакомом эксперту языке требует от эксперта поставленного фонетического слуха и владения универсальной системой описания транскрипции звуков речи любого языка, например, системой транскрипции IPA. Фонетический слух диктора должен поддерживаться в рабочем состоянии постоянной системой тестов.

Типология формантной структуры речевого сигнала и динамика ее изменений определяются анатомическим строением речевого аппарата и соответствующими речевыми навыками диктора, среди которых есть сознательно контролируемые и автоматические, произвольные. Опираясь на современные научные знания в данной области и имеющуюся обобщенную экспертную российскую и мировую практику, с помощью сравнительного спектрального анализа сопоставимых звуков речи можно установить степень тождества/различия сравниваемых дикторов, определяя степень тождества/различия их статических и динамических стереотипов произнесения фонетически одинаковых звуков речи в сопоставимых речевых ситуациях, а также степень тождества/различия анатомо-геометрических особенностей строения и функционирования речевого аппарата дикторов при произнесении артикуляторно подобных звуков.

Процедуры сравнения формантной реализации системы основных фонем речи данного диктора детально изложены в руководствах ([6] для сравнения реализации фонем- «микроанализ» и [18,28] для метода сравнения сопоставимых артикуляций –« формантное выравнивание»).

По самой своей сути метод формантного выравнивания, в отличие от метода сравнения фонем, не зависит от языка произнесения и пригоден как для сравнения дикторов говорящих на незнакомом эксперту языке, так и для идентификации дикторов, произносящих речевой материал на разных языках. Это показывают как теоретические рассуждения, практические научные эксперименты [12, 28], а также многолетняя положительная экспертная практика. Ниже на рисунке приведена типично приводимая в Заключение эксперта иллюстрация формантного сравнения речи двух дикторов.

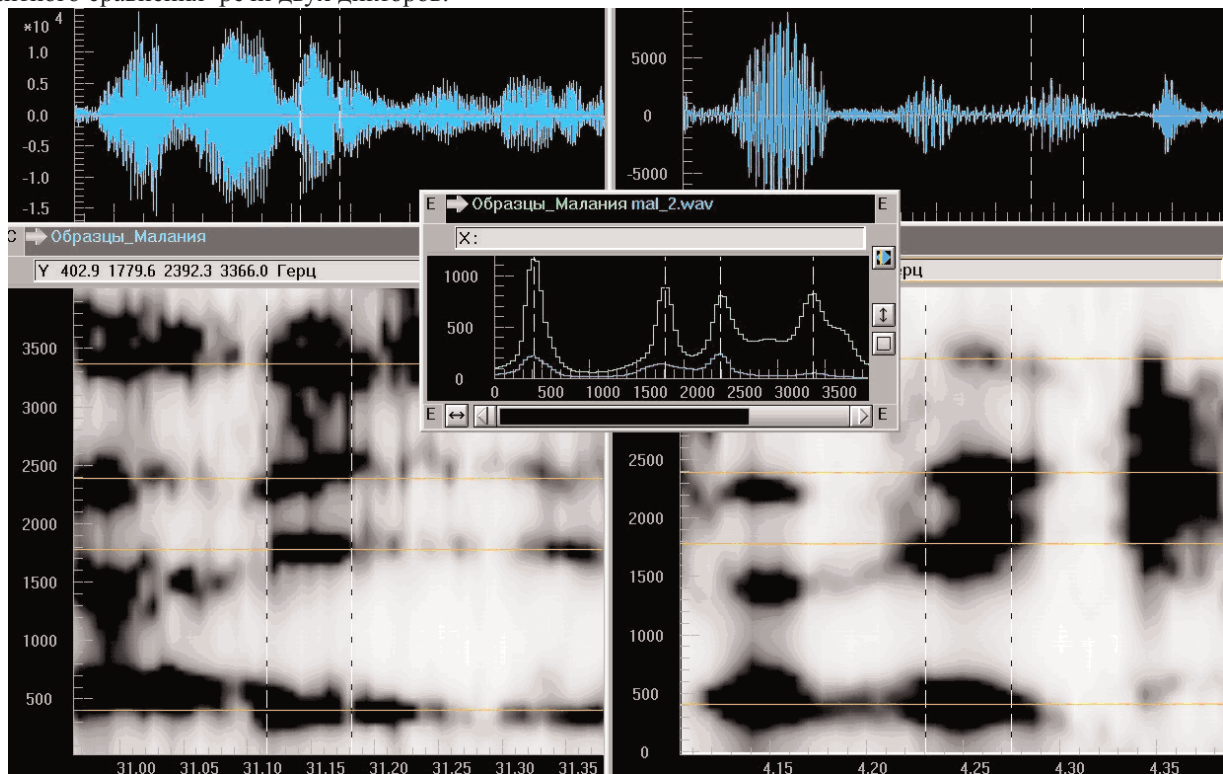


Рис.1. Пример совпадающих характеристических временных, амплитудных и спектрально-формантных

структур для речи сравниваемых дикторов. Речь на менгрельском языке, которым эксперты не владеют. На рисунке представлены сонограммы произнесения гласного [i] из фонограммы образцов голоса диктора М-я (слева) и спорной фонограммы СФ2 (справа). По горизонтальной оси отложено время в секундах. По вертикальной оси отложена частота в Гц. На рисунке приведен диапазон от 0 до 4000 Гц с разрешением около 30 Гц. Степень зачернения отражает значение мощности спектра в данной точке частоты/времени.

Использовалось спектральное взвешивающее окно типа Хэнна 200 точек при сдвиге 80 точек. Можно констатировать высокую близость сравниваемых реализаций соответствующих звуков на фонетическом (артикуляционном) и спектрально-формантном уровнях. Четыре горизонтальных курсора отмечают совпадение значения четырех формант [i] на обеих сонограммах (на участках, обозначенных вертикальными курсорами). Значения формант звука [i] обеих сонограмм на участках совпадения следующие: $F1=400$ Гц, $F2=1780$ Гц, $F3=2390$ Гц, $F4=3370$ Гц.

В верхней части рисунка приведены осциллограммы фрагментов фонограммы образцов (слева) и спорной фонограммы СФ2 (справа), содержащих сравниваемые звуки, границы которых отмечены вертикальными курсорами. По горизонтальной оси отложено время в секундах, по вертикальной – относительная амплитуда сигнала в отчетах.

В средней части рисунка изображены усредненные спектры участков сопоставляемых звуков, отмеченных вертикальными курсорами на соответствующих сонограммах, в речи диктора М на спорной фонограмме СФ2 (нижняя кривая) и в речи диктора М-я на фонограмме-образце (верхняя кривая). По горизонтали отложена частота в Гц, по вертикали – амплитуда спектра мощности сигнала в дБ. Четыре вертикальных курсора показывают совпадающие значения формантных пиков.

На современном этапе развития идентификационной экспертизы, если речевой материал это позволяет, предлагается расширить рамки аудитивного анализа, проводимого экспертом-лингвистом, за счет аудивно-психологического анализа, проводимого экспертом, или экспертами, прошедшим специальную подготовку в области психологического анализа речи. Эксперт, обладающий необходимыми знаниями и квалификацией в области психологического шкалирования, в рамках предложенного списка психологических характеристик проводит раздельный анализ звучащей речи на спорном и сравнительном материале, сравнивает его со звучанием речевых эталонов, дающих примеры типичного проявления тех или иных дикторских качеств, и выполняет отнесение каждого исследуемого диктора к тому или иному типу по каждой используемой шкале оценок. В результате определяются обличьяльные признаки диктора. Условно все обличьяльные свойства диктора можно разделить на биологические, психологические и социальные. К обличьяльным характеристикам диктора, традиционно определяемым по речи, таким, как пол и возраст диктора, опытный эксперт может добавить росто-весовые параметры диктора, психотип, темперамент, соционический тип, ряд черт характера и другие. Следует отметить, что поскольку психологический анализ является видом аудитивного анализа, он также менее зависим (а часто практически не зависим) от тождества языка спорных и сравнительных фонограмм и от знания экспертами этнического языка идентифицируемого диктора, что делает данный вид анализа относительно универсальным. Объективность данного вида исследований, как и для иных видов аудитивного анализа (чисто слухового, лингвистического) обеспечивается подтвержденной тестами тренированностью экспертов при психологическом шкалировании оцениваемых свойств речевого сигнала и дикторских качеств по речи, выполнением данного вида исследования независимо несколькими экспертами, использованием набора эталонов проявления в речевом сигнале оцениваемых дикторских свойств, а также, отчасти с помощью инструментальных средств контроля (по осциллограммам, спектрограммам, коррелограммам и кепстрограммам речевого сигнала). Например, в речевой базе данных ЦРТ имеются фонограммы речи дикторов, для которых с помощью стандартных психологических тестов (заполнение опросников теста Кетелла, Айзенка и др.) установлены их реальные психологические свойства, а также имеются данные объективной антропометрии. Тренировка экспертов в соответствии с типовой методикой ГОСТ по тренировке бригады аудиторов [30] позволяет уже через 3-4 недели занятий добиться стабильных и надежных оценок таких психологических черт диктора, как темперамент, когнитивные и характерологические свойства, а также определять росто-весовые параметры диктора, также как согласно ранее принятым методикам определялись только его пол и возраст.

При производстве идентификационных экспертиз рекомендуется проведение аудитивного и инструментального анализа просодических характеристик, включающее в себя описание и сравнение структуры используемых дикторами интонационных контуров. Детально метод описан в [32]. Собственно статистические параметры мелодических контуров вычисляются и сравниваются средствами программного обеспечения SIS, производства ЦРТ, версии 6.1.5 и старше.

Идентификационное исследование на основе комплексного анализа голоса и речи завершается синтезирующим рассмотрением результатов проведенных видов анализа, которое включает в себя и оценку вероятности слу-

чайного совпадения результатов исследований использованных идентификационных признаков, и оценку необходимого порога принятия решения, и их сопоставление (сравнение). Если оцениваемая экспертами вероятность случайного совпадения комплекса признаков меньше этого порога, то экспертами может быть принято категорическое идентификационное решение. Следует отметить, что на снижение вероятности случайного совпадения, оказывает существенное влияние относительная независимость проведенных видов анализа.

Список литературы

1. Актуальные вопросы идентификации личности. Материалы научно-практической конференции 17 декабря 1998 г. СПб., 1999. С. 39-42, 98-115.
2. Возможности производства судебной экспертизы в государственных судебно-экспертных учреждениях Минюста России. М. «Антидор». 2004.
3. Галяшина Е.И. Судебная фоноскопическая экспертиза. М. Триада. 2001.
4. Галяшина Е.И., Смотров С.А., Шашкин С.Б., Молоков Э.П. Теория и практика судебной экспертизы. СПб. Питер. 2003.
5. Идентификация человека по магнитной записи его речи. Методическое пособие для экспертов, следователей и судей. М. РФЦСЭ МЮ РФ. 1995.
6. Идентификация лиц по фонограммам русской речи на автоматизированной системе «Диалект». Пособие для экспертов. Попов Н.Ф., Линьков А.Н., Кураченкова Н.Б., Байчаров Н.В. Под ред. А.В. Фесенко.- М.: Войсковая часть 34435, 1996.
7. Ильина О.Я., Коваль С.Л. Типовая процедура идентификации диктора по звукозаписи речи. Материалы международной научно-практической конференции «Новые информационные технологии в практике работы правоохранительных органов». СПб.: СПб университет МВД России. 20 ноября 1998, с.110-114.
8. Коваль С.Л., Вараксин В.И., Портнова Т.Е. Граф типовых действий эксперта при выполнении судебных идентификационных экспертиз. / Материалы Конференции МВД по судебным информационным системам / Москва. Академия МВД, 1994, стр. 112-114.
9. Коваль С.Л., Белан А.С. Анализ динамики психо-эмоционального состояния по акустическим характеристикам речи. Труды Общества Независимых расследователей Авиационных происшествий, 2001. Вып. 12а, М.:Полиграф. Стр. 316-337.
10. Коваль С.Л. Проблемы и пути развития фоноскопической экспертизы. Доклад на пленарной секции научно-практической конференции «Криминалистика, XXI век», Москва, 27-28 февраля 2001 года, ГУ ЭКЦ МВД РФ.
11. Коваль С.Л. Метод идентификации дикторов на основе формантного выравнивания. Доклад на 20й Всероссийской конференции «Теория и практика речевых исследований», 6-7 дек. 2001г, Москва.
12. Коваль С.Л., Хитров М.В. Идентификация дикторов при анализе разноязычных фонограмм на основе сравнения формантных спектров. Труды межд. Конф. «Информатизация правоохранительных систем». М.: Академия управления МВД. 2003. стр. 348-349.
13. Коваль С.Л., Смирнова Н.С., Хитров М.В., Попов Н.Ф., Тимофеев И.Н., Коваль А.С., Погарева Е.С.. Автоматизированная система определения региональной / национальной принадлежности диктора по произносительным характеристикам его русской речи. Материалы международного семинара Диалог 2003, Москва.
14. Коваль С.Л., Лабутин П.В., Раев А.Н., Патент РФ 2230375 от 10.06.2004 . «Метод распознавания диктора и устройство для его осуществления».
15. Коваль С.Л., Смирнова Н.С., Хитров М.В., Черенцов П.В., Попов Н.Ф. Информационно-поисковая автоматизированная система диагностики типа акцента/диалекта русской речи неизвестного диктора «ТЕРРИТОРИЯ», Материалы международного семинара, Диалог 2004, Москва.
16. Сборник научно-методических рекомендаций по выполнению криминалистических экспертиз звукозаписей речи STC-D106.2. Под ред. Ковалю С.Л. Санкт Петербург: ЦРТ. 2000.
17. Смирнова Н.С., Коваль С.Л., Хитров М.В. Диагностика типа иностранного акцента с помощью метода относительных мелодических интервалов. Материалы 3-й Всероссийской конференции «Теория и практика речевых исследований» - АРСО 2003. Москва: МГУ.
18. Современные методы, технические и программные средства, используемые в криминалистической экспертизе звукозаписей (Методическое пособие для экспертов). М.: ГУ РФЦСЭ МЮ РФ. 2003.
19. Koval S.L., Labutin P.V. , Raev A.N. "Automatic Speaker Recognition using Formants-Based Nearest-Neighbour Distance Measure", Proceedings EUROSPEECH'95, Madrid, 1995, v.2, pp. 341-344,

20. Serguei Koval, Veronika Bekasova, Michael Khitrov, Andrej Raev, Pitch detection reliability assessment for responsible applications. Proceedings of EUROSPEECH'97. Rhodes, Greece, 22-25 September 1997.
21. Serguei Koval, Michael Khitrov, Andrej Raev, Working technology for melody investigation and check-up of pitch detection correctness. Proceedings of ESCA Tutorial and Research Workshop "Intonation: Theory, Models and Applications". Athens, Greece, 1997.
22. Koval S.L., Kaganov A.S. Forensic acoustics. Typical tasks and today's possibilities. Proc. of the First European Meeting of Forensic Science, Lausanne, Swiss, 17-19 Sept. 1997, p. A23.
23. Sergey Koval, Sergey Krynov, Practice of usage of spectral analysis for forensic speaker identification. Proceedings of Workshop RLA2C "Speaker Recognition and its Commercial and Forensic Applications". Avignon, France, 1998.
24. Sergey Koval, Sergey Krynov, Formants comparison of similar articulation events for forensic speaker identification. Proc. of COST-250 Workshop "Speaker Recognition by Man and by Machine: Directions for Forensic Applications". Ankara, Turkey, 1998.
25. Sergey Koval, Alexander Kaganov, Mikhail Khitrov, The chart of the standard expert actions and decision-making principles of forensic speaker identification. Proceedings of COST-250 Workshop "Speaker Recognition by Man and by Machine: Directions for Forensic Applications". Ankara, Turkey, 1998.
26. Sergey Koval, Olga Ilyina, Marina Khitina, Practice of usage of auditive and linguistic features for forensic speaker identification. Proceedings of COST-250 Workshop "Speaker Recognition by Man and by Machine: Directions for Forensic Applications". Ankara, Turkey, 1998.
27. Olga Ilyina, Serguei Koval and Michael Khitrov, Phonetic analysis in forensic speaker identification. An example of routine expert actions. Proc. of the International Congress of Phonetic Sciences, San Francisco, August, 1999.
28. Koval S.L., Formants matching as a robust method for forensic speaker identification. SPECOM'2006 Proceedings. XI International Conference "Speech and Computer", (SPECOM'2006), 25-29 June 2006. St. Petersburg, Russia, pp 125-128.
29. Коваль С.Л., Лабутин П.В., Малая Е.В., Прощина Е.А. Идентификация дикторов на основе сравнения статистик основного тона голоса. Сб. трудов XV международной научной конференции. Информатизация и информационная безопасность правоохранительных органов. – М.: Академия управления МВД России. 2006. Стр. 324-327.
30. ГОСТ Р 50840 –95. Передача речи по трактам связи. Методы оценки качества, разборчивости и узнаваемости. Москва, Госстандарт. 1995.
31. D. A. Reynolds. Robust Text-Independent Speaker Identification Using Gaussian Mixture Speaker Models. IEEE Transactions on Speech and Audio Processing, vol. 3, N°1, 72–83, January 1995.
32. Смирнова Н.С. Идентификация дикторов на основе сравнения параметров реализации мелодических контуров высказываний. Доклад на конф. Диалог. 2007.
33. Labutin P., Koval S., Raev A., Smirnova N., Stolbov M., Tappel I., Khitrov M., Speaker recognition system for standard telephone network. SPECOM'2005 Proceedings. X International Conference "Speech and Computer", (SPECOM'2005), 2005. Patras, Greece, pp.563-566.