

## Цифровые рентгенодиагностические системы Часть I

*М.И. Зеликман*

*НПЦ медицинской радиологии ДЗ, Москва*

С учетом все более широкого внедрения цифровых решений в клиническую практику, насущным становится изменение системы подготовки кадров для лучевой диагностики на этапе клинической ординатуры и последующего продолженного медицинского образования. Основное внимание необходимо уделять навыкам работы при использовании цифровых рентгенодиагностических комплексов, что требует от персонала определенных знаний в области медицинской информатики, а также в вопросах формирования и обработки цифровых изображений. Причем пополнять запас знаний необходимо постоянно, так как стремительное развитие современных информационных технологий приводит к быстрому устареванию полученных сведений и возникновению “пропасти” между требованиями дня и реальными возможностями персонала. Если не предпринимать никаких усилий, в какой-то момент эта “пропасть” может стать непреодолимой.

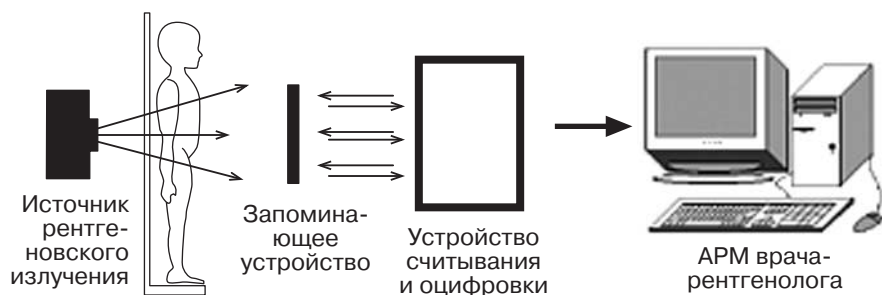
Предлагаемая вниманию читателей лекция посвящена вопросам формирования цифровых рентгеновских изображений, их регистрации и математической обработки (Часть I), а также вопросам эксплуатации цифровой рентгенодиагностической аппаратуры и контроля ее параметров (Часть II). Более полно и подробно представленные материалы изложены в монографии [17].

Общим для всех цифровых рентгенодиагностических систем (включая рентгеновские компьютерные томографы – КТ) является тот факт, что полученная во время исследования информация подвергается аналого-цифровому преобразованию (АЦП), регистрируется в буфере рабочей станции, а затем отображается на экране видеоконтрольного устройства (монитора). При этом имеется возможность ее дальнейшей математической обработки

с использованием специализированного программного обеспечения, а полученные изображения и сопутствующую текстовую информацию хранят в электронном архиве, реализованном на базе накопителей различных типов. При необходимости, с помощью соответствующего печатающего устройства, получают твердые копии изображений и медицинских заключений.

Применение на практике цифровых рентгенодиагностических комплексов приводит к изменению всей технологии проведения исследований. Во-первых, информация о пациенте вносится в электронную базу данных и сохраняется в электронном виде. Установка основных параметров исследования и управление системой осуществляются при использовании компьютера. Во-вторых, результаты исследования отображаются на экране монитора, а затем могут быть сохранены в базе данных. В-третьих, врач на своем рабочем месте в процессе анализа зарегистрированного изображения может произвести его математическую обработку и, таким образом, значительно повысить диагностическую информативность исследования. В-четвертых, появляются возможности автоматизировано обрабатывать результаты исследований с применением специализированных алгоритмов и реализованных на их основе компьютерных программ, проводить статистическую обработку с целью обобщения полученных на больших выборках пациентов данных, а также передавать полученную в процессе исследования информацию в электронном виде другим специалистам ЛПУ и даже в другие учреждения при наличии инфраструктуры для передачи данных.

Реализовать описанные функции удастся имея в составе рентгенодиагностической установки цифрового приемника рентгеновского изображения, а также одного или нескольких



*Рис. 1.1. Система с формированием цифрового рентгеновского изображения при использовании запоминающего устройства.*

автоматизированных рабочих мест (АРМ), предназначенных для работы врачей-рентгенологов и рентгенолаборантов.

## 1. Цифровые приемники рентгеновского изображения для рентгенографии и рентгеноскопии

Разработанные к настоящему времени и находящиеся в эксплуатации рентгеновские приемники-преобразователи для цифровых медицинских диагностических систем различаются как по физическим принципам преобразования, так и по видам обрабатываемых на каждой стадии преобразования сигналов (например, рентгеновский поток — в поток фотонов оптического диапазона длин волн, оптический сигнал — в поток электронов, поток электронов — в оптический сигнал, оптический сигнал — в электрический сигнал; рентгеновский поток — в оптический сигнал с последующей трансформацией в электрический; рентгеновский поток — непосредственно в электрический сигнал и т. д.). Различаются эти приемники-преобразователи и по области применения. Это может быть общая рентгенодиагностика, маммография, дентальная рентгенодиагностика, ангиография, профилактические исследования органов грудной клетки и т. д. [5, 7].

В литературе, посвященной методам и технологическому обеспечению цифровой рентгенодиагностики, представлены различные классификации цифровых приемников рентгеновского изображения и, соответственно, систем, для которых они предназначены. Классификацию проводят, как правило, с учетом метода детектирования рентгеновского излучения и способа дальнейшего преобразования сигналов [3, 22, 25–27, 29, 31], либо в большей степени ориентируясь на область применения тех или иных систем [5].

В качестве дополнительного классифицирующего признака для всех известных на сегодняшний день методов получения цифро-

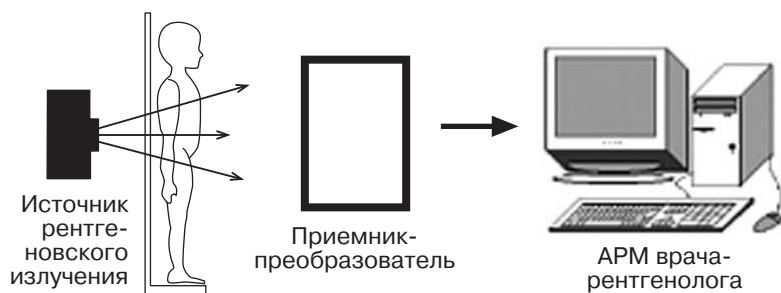
вых рентгеновских изображений, включая оцифровку экспонированных рентгеновских пленок, может быть использовано время, необходимое для получения нормированного изображения на экране видеоконтрольного устройства. При этом учитывается возможность (или ее отсутствие) формирования изображений в режиме реального масштаба времени, то есть возможность регистрировать и отображать 24 и более изображений в секунду (режим цифровой рентгеноскопии), а также в режиме квазиреального масштаба времени, при котором отрезок времени от начала экспозиции до появления изображения на экране монитора не превышает, как правило, 20–40 с (режим цифровой рентгенографии).

В соответствии с данной классификацией все методы формирования и регистрации цифровых рентгеновских изображений и, соответственно, реализующие эти методы технологические разработки могут быть условно разделены на 2 группы:

- системы, в которых прием и преобразование информации, содержащейся в рентгеновском потоке, прошедшем через исследуемую область тела пациента, осуществляется с использованием запоминающих устройств, выполняющих роль своеобразного буфера, с формированием цифрового массива данных при последующем считывании информации уже с запоминающего устройства в специально предназначенной для этих целей аппаратуре, – системы с формированием цифровых изображений в режиме нереального масштаба времени (рис. 1.1);

- системы с непосредственным приемом и преобразованием информации, содержащейся в прошедшем через тело пациента потоке фотонов, в массив цифровых данных – системы с формированием цифровых изображений в режиме реального и квазиреального масштаба времени (рис. 1.2) [16].

К 1-й группе могут быть отнесены рентгенодиагностические комплексы с трактом формирования рентгеновского изображения, со-



*Рис. 1.2. Система с непосредственным формированием цифрового рентгеновского изображения.*

держащим люминесцентные запоминающие экраны (пластины), считывание информации с которых осуществляется при помощи специального лазерного устройства – так называемые системы с фотостимулируемым люминофором. Срок хранения информации на этих экранах (с момента окончания экспозиции до начала считывания) может составлять несколько часов. В качестве буфера с практически неограниченным временем хранения информации может рассматриваться и обычная экспонированная и обработанная рентгеновская пленка, изображение с которой преобразуется в цифровую форму с помощью устройств для оцифровки рентгеновских пленок. Однако, хотя при оцифровке экспонированной рентгеновской пленки и используются цифровые методы регистрации и представления конечной рентгенодиагностической информации, считать эту технологию разновидностью цифровой рентгенографии можно лишь с некоторой долей условности, так как в этом случае на 1-м этапе необходимо в полном объеме реализовать процедуру, соответствующую традиционной пленочной рентгенографии.

Для 2-й группы систем характерно большое разнообразие реализованных в них физических принципов, а также инженерных и конструктивных решений для осуществления приема и преобразования информации, заключенной в рентгеновском потоке, с последующим представлением ее в цифровом виде. В эту группу входят: устройства с трактами формирования изображения, в которых используются усилители рентгеновского изображения (УРИ) с аналого-цифровым преобразованием сигналов на выходе входящей в состав УРИ телевизионной системы либо камеры с ПЗС-матрицей; устройства с трактом преобразования, содержащим сцинтилляционный экран, светосильную оптику и ПЗС-матрицу (частным случаем приемников этого типа являются детекторы на основе комбинации: сцинтиллятор + ПЗС-матрица); сканирующие системы с линейкой газовых (многопроволочная пропорци-

ональная камера или многоканальная ионизационная камера) либо твердотельных (полупроводниковых) детекторов; устройства, использующие в качестве приемника плоские панели различных размеров на основе аморфного кремния либо аморфного селена.

Приемники рентгеновского изображения, используемые в системах, представляющих 2-ю группу, в свою очередь, отнесены в рассматриваемой классификации к одному из следующих 2 типов:

- приемники-преобразователи, в которых на первой стадии не происходит преобразования энергии рентгеновского потока в энергию фотонов оптического диапазона длин волн. К этому типу относятся плоские панели на основе аморфного селена, а также детекторы на основе газовых ионизационных камер для сканирующих систем;

- приемники-преобразователи, в которых осуществляется промежуточное преобразование энергии рентгеновского потока в энергию фотонов оптического диапазона длин волн. И только на следующей стадии носителями информации становятся электроны. К этому типу относятся детекторы на базе УРИ с аналого-цифровым преобразованием сигналов на выходе входящей в состав УРИ телевизионной системы либо камеры с ПЗС-матрицей, приемники с трактом преобразования, построенном на базе комбинации: сцинтилляционный экран – светосильная оптика – ПЗС-матрица либо сцинтиллятор + ПЗС-матрица, линейки полупроводниковых детекторов для сканирующих систем, а также плоские панели на основе аморфного кремния.

В литературе приемники рентгеновского изображения 1-го типа (исключение составляют не нашедшие широкого применения в зарубежных разработках для цифровой рентгенографии газовые детекторы) часто относят к устройствам, предназначенным для “прямой” цифровой рентгенографии (Direct Radiography) [27, 31, 35]. Очевидно, было бы справедливо включить в эту группу и детекто-

**Таблица 1.1.** Классификация цифровых приемников рентгеновского изображения

Системы с формированием цифровых изображений в режиме нереального масштаба времени	Системы с формированием цифровых изображений в режиме квазиреального масштаба времени		Системы с формированием цифровых изображений в режиме реального масштаба времени
1	2	3	4
	Прямая рентгенография	Непрямая рентгенография	
<p>1. Системы с трактом формирования цифрового рентгеновского изображения, содержащим люминесцентные запоминающие экраны (системы на базе фотостимулируемых люминофоров)</p> <p>2. Системы с формированием цифрового рентгеновского изображения при использовании устройства для оцифровки рентгеновских пленок</p>	<p>1. Приемники, содержащие плоскую панель на основе аморфного селена</p> <p>2. Приемники для сканирующих систем на базе газовых ионизационных камер</p>	<p>1. Приемники на базе УРИ (системы для рентгенографии)</p> <p>2. Приемники с трактом формирования цифрового рентгеновского изображения, построенным на основе комбинации “сцинтилляционный экран – светосильная оптика – ПЗС-матрица (сцинтиллятор + ПЗС-матрица)”</p> <p>2. Приемники, содержащие плоскую панель на основе аморфного кремния (системы для рентгенографии)</p> <p>3. Приемники для сканирующих систем на базе линеек полупроводниковых детекторов</p>	<p>1. Приемники на базе УРИ (системы для рентгеноскопии)</p> <p>2. Приемники, содержащие плоскую панель на основе аморфного кремния (системы для рентгеноскопии)</p>

ры на основе газовых ионизационных камер, которые с середины 1990-х годов активно используются в России как приемники рентгеновского изображения для цифровых сканирующих систем [1, 6, 37].

Соответственно, все остальные приемники-преобразователи относят к устройствам для “непрямой” цифровой рентгенографии (Indirect Radiography) [28].

Для удобства представления и анализа обе группы и соответствующие типы цифровых приемников рентгеновского изображения сведены в табл. 1.1.

## 2. Аппаратное оснащение автоматизированных рабочих мест врача-рентгенолога и рентгенолаборанта

Используемые в настоящее время в цифровых рентгенодиагностических системах АРМ можно условно разделить на 2 группы: 1-я –

рабочие места, изначально входящие в состав комплекса, 2-я – дополнительно устанавливаемые рабочие места.

Что касается 1-й группы, то эти рабочие места ориентированы на решение следующих задач:

- ввод данных о пациенте,
- управление цифровой рентгенодиагностической установкой,
- регистрация полученной во время исследования диагностической информации и ее отображение на экране монитора,
- организация хранения полученных цифровых изображений и сопутствующей информации в базах данных,
- математическая обработка зарегистрированных изображений и их описание, в том числе с использованием программ-электронных ассистентов врача,
- получение твердых копий изображений и медицинских заключений,

- передача, при необходимости, изображений и сопутствующей информации в другие отделения и другие ЛПУ.

Автоматизированные рабочие места этой группы предназначены как для работы врача-рентгенолога, так и рентгенолаборанта. При этом, как правило, функции лаборанта ограничиваются записью данных о пациенте, управлением режимом исследования и регистрацией с записью в базу данных полученной во время исследования информации, а также подготовкой твердых копий изображений и распечатыванием заключений. Остальные задачи возлагаются на врача, хотя не исключаются ситуации, когда врач-рентгенолог выполняет все этапы исследования самостоятельно.

В ряде случаев в состав рентгенодиагностического комплекса изначально входят 2 объединенных в локальную вычислительную сеть (ЛВС) автоматизированных рабочих места (для врача-рентгенолога и рентгенолаборанта) с несколько отличающимся аппаратным оснащением и программным обеспечением, как это, например, имеет место в большинстве модификаций малодозовых цифровых флюорографов [4, 12]. При такой конфигурации рабочих мест удается значительно повысить эффективность использования технических средств при проведении массовых профилактических исследований органов грудной клетки: лаборант практически непрерывно (средняя производительность составляет около 30 человек в час) осуществляет запись данных обследуемых и производит съемку, а врач параллельно может давать заключения по зарегистрированным цифровым изображениям.

Дополнительно устанавливаемые автоматизированные рабочие места предназначаются для работы врачей-рентгенологов и других специалистов ЛПУ. Эти АРМ объединяются с рабочим местом (местами) из состава рентгенодиагностического комплекса в рамках ЛВС отделения или лечебно-профилактического учреждения в целом, и с их помощью можно реализовывать дополнительные (по отношению к перечисленным выше) функции, например: просмотр и изучение изображений и сопутствующей информации, а также проведение консультаций специалистами из других отделений данного ЛПУ на своих рабочих местах.

Существует также класс АРМ, которые устанавливаются дополнительно, но, по сути, становятся одной из неотъемлемых частей

рентгенодиагностической системы. Речь идет о дооснащении традиционных рентгенодиагностических аппаратов с УРИ устройствами аналого-цифрового преобразования сигнала на выходе телевизионного тракта с дальнейшей регистрацией, обработкой и хранением полученной информации при использовании АРМ.

Аппаратное оснащение практически любого автоматизированного рабочего места включает в себя:

- рабочую станцию, содержащую системный блок с мощным процессором, оперативным запоминающим устройством (ОЗУ) с достаточно большим объемом памяти, накопителем информации большой емкости (“жестким” диском), а также монитор с высокой пространственной разрешающей способностью и большим экраном;

- накопитель на различных носителях (магнитных, оптических, магнитооптических) для хранения изображений и сопутствующей информации (в ряде случаев часть функций по долговременному хранению данных возлагается на электронный архив, который является принадлежностью ЛВС отделения лучевой диагностики или ЛПУ в целом);

- мультимедийную камеру, термопринтер, лазерный или струйный принтер для изготовления твердых копий изображений и распечатывания текстовой информации. (Мультимедийные камеры чаще используются в составе ЛВС отделения лучевой диагностики, хотя аналогично могут применяться и другие типы принтеров.);

- оборудование для подключения АРМ к локальной вычислительной сети отделения лучевой диагностики или ЛПУ в целом.

**Рабочая станция.** С учетом того, что обработка медицинских изображений является достаточно трудоемкой и требует использования мощных вычислительных ресурсов, к рабочим станциям, предназначенным для работы в составе АРМ, предъявляются высокие требования. Причем это относится как к аппаратной части, так и к системному и специализированному программному обеспечению (ПО) [20, 21].

Медицинские изображения, соответствующие различным разделам цифровой рентгенодиагностики, содержат, как правило, от сотен тысяч до более 20 млн элементов (пикселей). С учетом возможности “окрашивания” каждого пикселя при использовании шкалы серого цвета, содержащей  $2^8$ – $2^{16}$  градаций, объем ин-

формации, заключенной в одном цифровом изображении, может составлять 40 Мб и более. (Например, информационная емкость цифровых маммограмм достигает 60 Мб.) Для обработки подобных массивов данных за относительно небольшие временные интервалы, не превышающие, как правило, нескольких секунд (а в ряде случаев долей секунды), требуется очень высокая производительность вычислительных средств. В современных рабочих станциях желательно использовать процессоры с тактовой частотой не менее 1,5–2 ГГц, рекомендуемый объем памяти входящего в состав системного блока оперативного запоминающего устройства (ОЗУ) не менее 512 Мб, а объем памяти “жесткого” диска не менее 60–80 Гб.

К тому же достаточно высоки требования, предъявляемые к мониторам рабочих станций [19, 26, 31]. Во-первых, врачу-рентгенологу для эффективной диагностики необходимо иметь экран с размером диагонали не менее 19”, правда, на рабочем месте рентгенолаборанта допускается наличие монитора с размером диагонали экрана 17”, а во-вторых, монитор должен реализовывать режим работы с разрешающей способностью не менее 1280 × 1024 точек. В настоящее время на смену приборам с электронно-вакуумными колбами пришли плоские системы с жидкокристаллическими панелями, качество изображения в которых приблизилось к качеству, реализуемому в традиционных мониторах. Устройства с жидкокристаллическими панелями компактнее, их легко расположить в любом удобном для просмотра месте, а особенно очевидными преимуществами видеоконтрольных устройств данного типа становятся при их использовании в составе передвижных рентгенодиагностических комплексов – ввиду большей устойчивости к тряске и другим механическим воздействиям. Часто наиболее предпочтительными для диагностических целей оказываются мониторы с размером диагонали экрана порядка 20” (режим пространственного разрешения – 1600 × 1200 точек), а наилучших результатов в отображении зарегистрированных цифровых изображений достигают при использовании плоских мониторов с вертикальной ориентацией дисплея, реализующих режим пространственного разрешения 2048 × 2560 точек. (Подобные мониторы выпускаются, например, компаниями Varco и Siemens). В ряде практических приложений для сравнения зарегистрированных изображе-

ний, относящихся к одному пациенту, оптимальным оказывается использование в составе рабочей станции сдвоенного монитора, каждый из 2 экранов которого реализует режим пространственного разрешения 2048 × 2560 точек [30].

**Накопители информации.** По заложенным физическим принципам устройства хранения цифровой рентгенодиагностической информации могут быть разделены на следующие группы [8]:

- устройства хранения информации на магнитной основе,
- оптические устройства хранения информации,
- магнитооптические устройства хранения информации.

Для того чтобы считывать информацию с тех или иных устройств или записывать данные на них, используют различные системы, которые должны входить в комплект оснащения АРМ, а также цифрового архива, являющегося принадлежностью ЛВС отделения лучевой диагностики или ЛПУ в целом.

В настоящее время используются 2 типа устройств хранения информации на магнитной основе: магнитные диски и устройства, использующие магнитную ленту.

Магнитную основу, например, имеет жесткий диск, являющийся принадлежностью системного блока рабочей станции.

Большой емкостью обладают устройства на основе магнитной ленты. Но устройствам этого типа присущ общий недостаток – относительно медленный доступ к данным. Этим недостатком обладают и устройства считывания/записи для магнитных лент с последовательным доступом (стримеры), которые позволяют создавать архивы емкостью до нескольких гигабайт на одной ленте. Подобные устройства используют в электронных архивах в качестве средства долговременного хранения информации, обращения к которой крайне редки [2].

В качестве оптических устройств хранения информации используют системы с однократной записью (CD-R), которые позволяют самостоятельно создавать собственные диски CD-ROM емкостью до 700 Мб, и системы с многократной записью (CD-RW), позволяющие также самостоятельно создавать собственные диски CD-ROM емкостью до 700 Мб, но в отличие от CD-R такие диски можно многократно перезаписывать. Устройства считывания/записи, работающие с опти-

ческими дисками, удобно конструктивно располагать в системном блоке, входящем в состав рабочей станции АРМ.

В последнее время начали получать все большее распространение системы для работы с DVD-дисками (цифровые видеодиски), каждый из которых обладает емкостью памяти около 10 Гб (для двусторонних дисков). Подобные системы, позволяющие многократно перезаписывать информацию на DVD, конструктивно также могут быть размещены в системном блоке в составе рабочей станции АРМ.

В магнитооптических устройствах хранения информации реализуются преимущества, присущие описанным выше магнитным и оптическим. Эти устройства представляют собой диски, отличающиеся размерами и емкостью памяти. Магнитооптические носители позволяют в течение длительного промежутка времени (несколько десятков лет) хранить информацию без потерь и многократно ее перезаписывать. Для работы с магнитооптическими дисками используют соответствующие дисководы, которые конструктивно могут быть включены в состав рабочей станции, а также библиотеки, которые, как правило, входят в состав электронного архива, являющегося принадлежностью ЛВС отделения или ЛПУ в целом. Библиотека включает в себя один или несколько дисководов и механизм, обеспечивающий автоматическую смену дисков по требованию оператора. Общая емкость памяти системы зависит от количества дисков, которые могут быть в ней установлены одновременно.

Для экономии материально-технических ресурсов при организации хранения в электронном виде медицинской информации в ряде случаев прибегают к различным методам сжатия информации [26]. Однако следует учитывать, что в первую очередь необходимо обеспечить хранение информации без каких-либо искажений. По этой причине используются алгоритмы с коэффициентом сжатия, не превышающим для некоторых разделов рентгенодиагностики значений 2–4, что позволяет обеспечить восстановление информации практически без потерь. В ряде приложений значение коэффициента сжатия удается довести до 20–40 и более.

**Печатающие устройства.** Для изготовления твердых копий рентгенодиагностических изображений, а также распечатывания текстовой информации (выписок, медицинских зак-

лючений и т. д.) в составе АРМ имеется печатающее устройство. (Как уже отмечалось, в ряде случаев печатающее устройство может быть принадлежностью ЛВС отделения лучевой диагностики). В зависимости от назначения могут использоваться принтеры различных типов. Так, для распечатывания текстовой информации вполне подходят сравнительно недорогие офисные струйные черно-белые принтеры. Для изготовления твердых копий изображений необходимо использовать печатающие устройства более высокого класса – лазерные или термопринтеры. Термопринтеры дают лучший результат. Однако этот класс печатающих устройств достаточно дорог и требует дорогих расходных материалов (специальной термобумаги.) Термопринтеры имеет смысл использовать только в тех случаях, когда твердая копия в дальнейшем будет служить основой для постановки или уточнения диагноза. Еще более высокого результата для этих целей можно добиться при использовании специальных систем “сухой визуализации” или термографических мультиформатных камер, которые при подаче на их вход цифровой информации выводят рентгенодиагностическое изображение на специализированную термическую пленку [11]. В итоге полученная твердая копия по качеству практически не уступает изображению на экране монитора. Подобные системы, как правило, входят в состав оборудования ЛВС отделения лучевой диагностики и имеют несколько входных буферных зон, что позволяет подключать к устройству различные цифровые диагностические системы.

Если же исходить из того, что при использовании цифровой рентгенодиагностической установки заключение по медицинскому изображению врач-рентгенолог должен делать, глядя на экран монитора, входящего в состав рабочей станции, а твердая копия необходима лишь в редких случаях – “для протокола”, то для оснащения автоматизированного рабочего места часто оказывается достаточно лазерного принтера с пространственной разрешающей способностью порядка 1200 dpi. Особенно актуально последнее замечание для АРМ, входящих в состав установок для массовых профилактических исследований органов грудной клетки. При этом отметим, что вследствие относительно невысокой стоимости эксплуатации подобный принтер может использоваться как для изготовления твердых копий изображений, так и для распечатывания заключений [8, 9].

**Оборудование для подключения АРМ к локальной вычислительной сети.** Как правило, для подключения АРМ к локальной вычислительной сети отделения лучевой диагностики или учреждения (либо к соседнему АРМ) достаточно наличия в системном блоке рабочей станции сетевой карты (сетевой платы), обеспечивающей пропускную способность не менее 100 Мбит/с. При этом используются линии связи (с соответствующим сетевым оборудованием), соединяющие рабочие станции между собой и с центральным процессором или сервером (при их наличии в составе ЛВС).

### **3. Состав и структура математического обеспечения автоматизированных рабочих мест цифровых систем для рентгенодиагностики**

Программное обеспечение АРМ, входящего в состав цифрового рентгенодиагностического устройства, содержит системный и прикладной компоненты. В качестве операционной системы в зарубежных разработках широко используются различные версии платформы Unix, а в нашей стране наибольшее распространение получили версии MS Windows. Необходимо оговориться, что в последние годы операционная система MS Windows находит все большее применение и у основных зарубежных производителей цифровой рентгенодиагностической техники.

Для организации эффективной работы при использовании цифровых комплексов в рабочих станциях в качестве прикладного применяются специализированное программное обеспечение, которое служит для управления аппаратной частью, регистрации полученных изображений, их математической обработки, организации хранения информации и быстрого доступа к ней, а также для выполнения целого ряда других функций, например работы в локальных вычислительных сетях отделений и ЛПУ.

Структура и состав модуля ПО, ответственного за управление цифровым рентгенодиагностическим комплексом, определяются конструкцией системы. Модуль управления должен содержать компоненты, с помощью которых производят калибровку системы, а также автоматическое тестирование ее работоспособности в процессе исследований. Зачастую в состав штатного математического обеспечения входит модуль технологического ПО, который используется

при проведении регламентных и настроечных работ на рентгенодиагностическом оборудовании.

Начатая в 1980-е годы дискуссия о необходимости разработки специализированных программ для математической обработки цифровых рентгеновских изображений в настоящее время потеряла свою остроту — большинству специалистов очевидны преимущества использования в клинической практике специализированных и адаптированных под те или иные виды исследований (легких, молочной железы, скелета и т. д.) алгоритмов и реализованных на их основе программ [15, 18, 20, 21, 38]. Здесь следует особо отметить программное обеспечение, предназначенное для автоматизированного анализа изображений, относящихся к различным разделам рентгенодиагностики, так называемые экспертные системы или электронные ассистенты врача. В зарубежной литературе это направление использования ПО получило название Computer Aided Detection (CAD). Наибольшее применение подобные системы получили при изучении результатов маммографических исследований. Это объясняется тем, что количество диагностически значимых параметров, которые необходимо учитывать при анализе маммограмм, невелико по сравнению с другими видами рентгеновских исследований [36, 38]. Следующее направление широкого внедрения систем CAD — автоматизированная обработка цифровых рентгеновских изображений грудной клетки.

В настоящее время предложение программных продуктов для АРМ, входящих в состав цифровых рентгенодиагностических систем различного профиля, огромно и при этом продолжает постоянно увеличиваться. Следует отметить, что при дооснащении АРМ подобным ПО необходимо учитывать его совместимость с аппаратно-программными характеристиками рабочей станции.

Математическое обеспечение большинства современных цифровых рентгенодиагностических комплексов позволяет осуществлять следующие основные виды обработки:

- выделение области интереса на изображении;
- изменение яркости как изображения в целом, так и внутри выделенной области;
- изменение контрастности, в том числе с использованием нелинейных процедур, как внутри выделенной области, так и изображения в целом;



- инвертирование изображения (негатив – позитив) как внутри выделенной области, так и изображения в целом;
- изменение границ диапазона яркостей, представленных на изображении;
- увеличение выделенной области изображения в заданное количество раз;
- измерение площади выделенной области;
- измерение расстояния между 2 заданными точками на изображении;
- измерение углов между 2 заданными на изображении линиями;
- отображение на экране монитора нескольких (обычно 2–4) изображений с целью проведения их сравнительного анализа.

При проведении математической обработки дополнительно может быть использовано большое количество различных фильтров, с помощью которых удается в значительной степени компенсировать шумы на изображении, подчеркнуть края объектов различной плотности, придать изображению “рельефный” вид, подчеркнуть объекты высокой либо, наоборот, низкой плотности, выровнять распределение яркостей по всему диапазону и т. д. При программной реализации подобных фильтров, как правило, применяются алгоритмы, хорошо известные из теории обработки цифровых изображений [10, 24]. В ряде случаев оказываются полезными объемная (3D) реконструкция изображений, а также выделение отдельных объектов цветом.

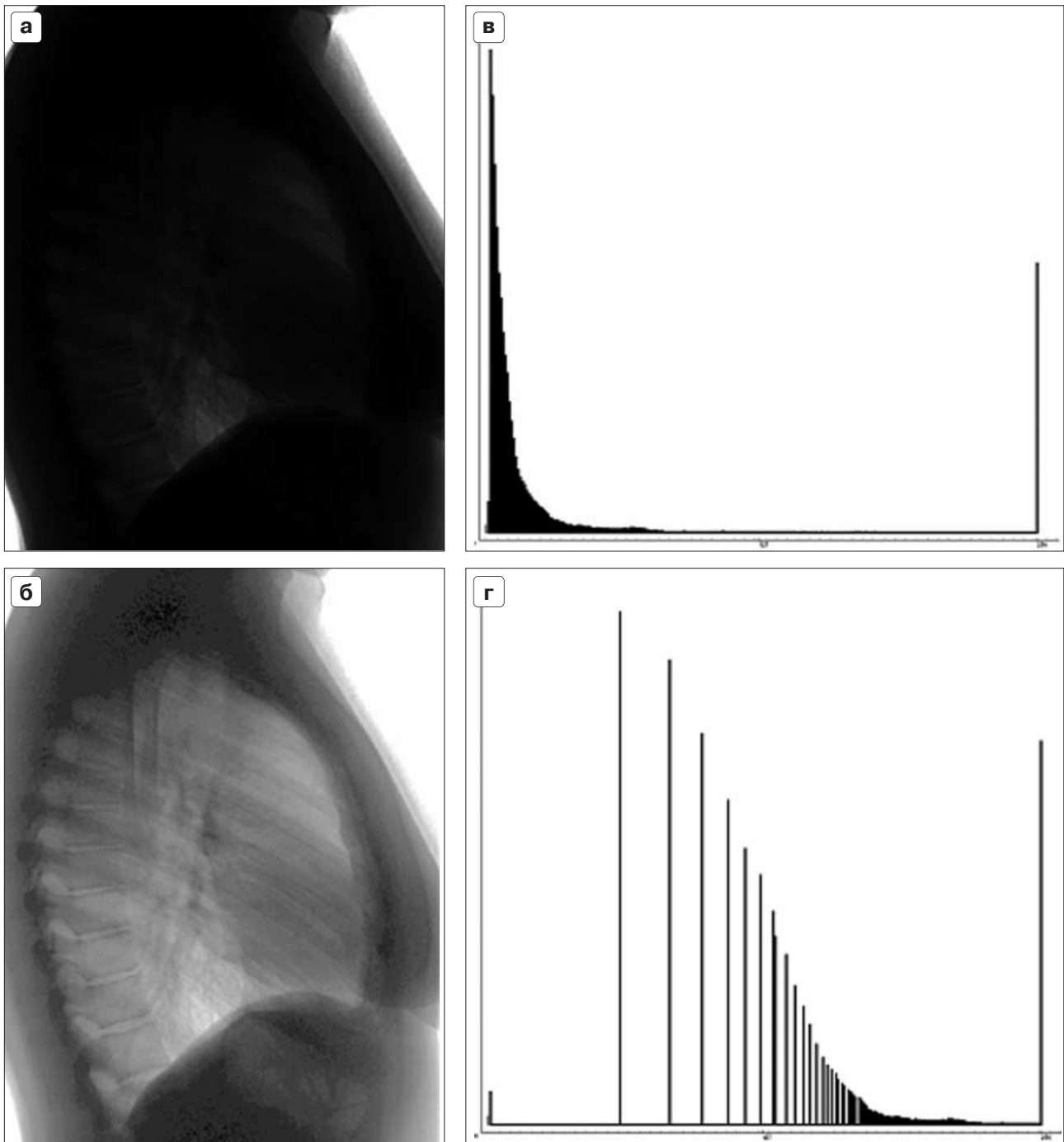
На рис. 3.1 в качестве примера представлены изображения грудной клетки в боковой проекции до и после обработки и соответствующие этим изображениям гистограммы яркостей. С помощью алгоритма нелинейной фильтрации за короткое время (измеряемое долями секунды) удается автоматически привести зарегистрированное изображение к виду, позволяющему врачу-рентгенологу определить наличие или отсутствие патологических изменений. Необходимо также отметить, что использование подобных алгоритмов в ряде случаев позволяет дополнительно снизить дозовую нагрузку на обследуемых. Достигается уменьшение дозовой нагрузки проведением исследований при пониженных (относительно оптимальных) значениях анодного напряжения и силы тока рентгеновской трубки. При этом в процессе обработки удается довести диагностическое качество изображений до приемлемого уровня за счет того, что в каждом зарегистрированном цифровом изображении имеется информационная избыточность.

Еще один важнейший раздел (модуль) программного обеспечения цифровой рентгенодиагностической системы – база данных, которая должна обеспечивать надежное хранение рентгеновских изображений и сопутствующей информации, а также позволять зарегистрированному пользователю получать быстрый и удобный доступ к сохраненным данным. Для того чтобы информацию, полученную по результатам исследований с использованием различных средств лучевой диагностики (помимо цифрового рентгеновского аппарата, это могут быть компьютерный или магнитно-резонансный томограф, аппарат для ультразвуковой диагностики и т. д.), можно было бы расшифровать и обработать не только на рабочей станции, входящей в состав оборудования, на котором проводилось исследование, но и в иных местах (например, на установках соседнего отделения или другого ЛПУ), ее необходимо сохранять и передавать в стандартизованном виде. Универсальность формата сохраняемых данных в медицинской радиологии достигается соблюдением требований международного стандарта DICOM 3.0 (Digital Imaging and Communications in Medicine – цифровая визуализация и связь в медицине (текущая версия 3.0) [14, 23]. Работа над стандартом не прекращается до настоящего времени, а ознакомиться с последними редакциями и получить доступ к ресурсам, касающимся DICOM-приложений, можно в сети Интернет [32–34].

Согласно стандарту DICOM 3.0 данные разделяются на информационные объекты, каждый из которых описывает определенный реальный объект, имеющий отношение к процессу лучевой диагностики (пациент, исследование, изображение и т. д.). Каждому из информационных объектов соответствует определенный набор функций, обеспечивающих возможность манипуляций с объектом данного типа, так называемые пары сервис – объект. Каждый объект, в свою очередь, состоит из модулей, некоторые из которых присутствуют всегда и обязательно, а другие могут отсутствовать. Внутри модуля данные расположены в виде элементов сходной структуры (рис. 3.2).

Как видно из рисунка, структура элемента данных включает в себя следующие поля:

- Тег – упорядоченная пара 16-битовых целых чисел, содержащих номер группы и номер элемента в группе. Номер группы обязательно четный. Можно определять собственные, нестандартные теги, их номер группы должен



*Рис. 3.1. Рентгеновские изображения грудной клетки в боковой проекции и соответствующие гистограммы яркостей до (а, в) и после (б, г) обработки.*

быть нечетным. Внутри каждого информационного объекта теги располагаются в порядке возрастания.

- VR (Value Representation – представление значения) – 2 байта (символа), обозначающие способ представления значения. Для каждого тега есть способ представления по умолчанию. Если используется этот способ, то поле VR от-

сутствует. Представление данных по умолчанию может указываться только для всего набора данных целиком.

- Длина значения – четное число размером 16 или 32 байта (в зависимости от VR). Возможна неопределенная длина (FFFFFFFFH).

- Поле значения – может содержать одно или несколько однотипных значений. Для

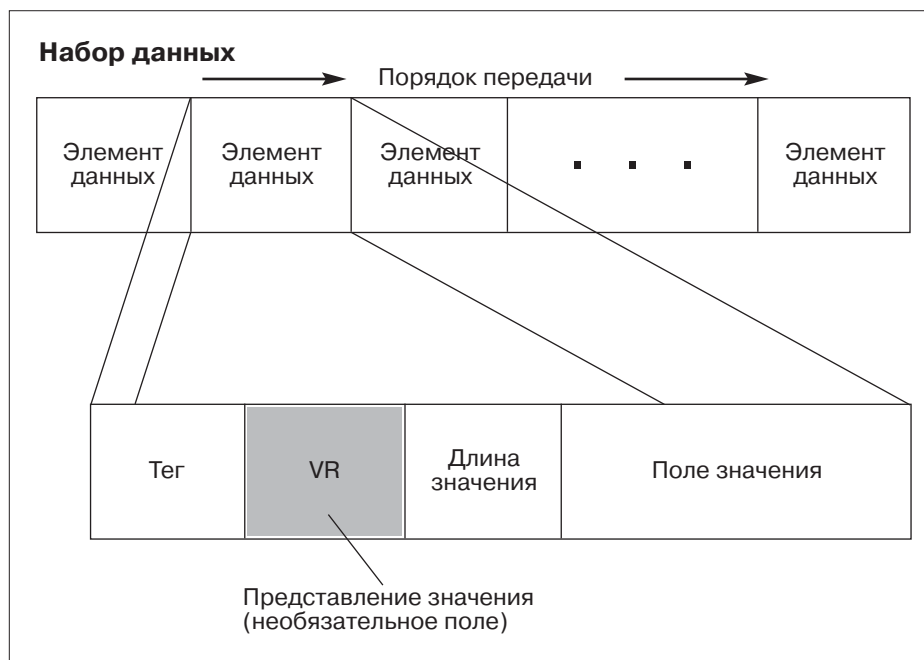


Рис. 3.2. Структура элемента данных DICOM 3.0.

последовательности из нескольких значений существует специальный вид VR (Sequence – SQ). В этом случае значения внутри последовательности разделяются особым тегом (FFFE,E000), а конец последовательности отмечается тегом (FFFE,E0DD).

Если значение представляет собой текстовую строку, то ее длина должна быть четной. (При необходимости дополняется пробелами либо нулем в зависимости от типа VR.)

Каждая пара сервис – объект должна иметь уникальный идентификатор (Unique Identifier – UID). Информационные объекты делятся на нормализованные (каждый такой объект соответствует какому-либо реальному объекту) и композитные (составные), описывающие какие-либо общие части нескольких видов реальных объектов. Пары сервис – объект могут быть стандартными, расширенными, специализированными и частными. Значение идентификатора для стандартных пар указано в описании стандарта. Расширенные пары – это те, которые обеспечивают полный набор обязательной информации и обязательных сервисных функций, оговоренный стандартом, плюс еще какие-либо данные или функции. Для них тоже допускается использование тех же идентификаторов, как и для соответствующих стандартных пар сервис – объект. Специализированные пары являются производными от стандартных, но в них вносятся изменения, касающиеся обязательных данных

или функций. В этом случае для них необходимо определить собственный идентификатор. Частные пары сервис – объект полностью определяются конкретным приложением, а следовательно, также имеют собственный UID.

Рассмотрим для примера перечень основных информационных объектов и набор модулей, входящих в их состав, которые характерны для задач цифровой рентгенографии.

## 1. Пациент

*Модули:*

1.1. Идентификационный – содержит информацию, идентифицирующую личность пациента (имя, фамилию, номер истории болезни и другие).

1.2. Демографический – содержит информацию о возрасте, поле, месте жительства, этнической группе, а также рост и вес пациента.

1.3. Медицинский – содержит данные об обстоятельствах медицинского характера, влияющих на проведение исследований пациента (инвалидность, аллергии, беременность и другие).

1.4. Модуль ссылок – содержит ссылки на другие объекты, относящиеся к данному пациенту (визиты, исследования).

## 2. Визит

*Модули:*

2.1. Идентификационный – содержит название и адрес учреждения, номер направления.

2.2. Модуль состояния визита – содержит информацию о том, прибыл ли пациент в учреждение, зарегистрирован ли и где в настоящий момент находится.

2.3. Модуль записи – содержит дату и время, когда пациент должен поступить и покинуть учреждение, а также информацию об отделении (кабинете), куда должен явиться пациент.

2.4. Модуль приема – содержит дату и время приема пациента, данные о принявшем его враче и предварительный диагноз.

2.5. Модуль выписки – содержит дату и время выписки, окончательный диагноз.

2.6. Модуль ссылок – содержит ссылки на исследования, выполненные в ходе визита.

### 3. Исследование

*Модули:*

3.1. Идентификационный модуль.

3.2. Модуль состояния – содержит данные о приоритете исследования и текущем его состоянии (стадии).

3.3. Модуль записи – содержит предварительную информацию лечащего врача (врача приемного отделения) о требуемом виде и области исследования, желательном времени его проведения.

3.4. Модуль получения изображений – содержит информацию о процессе получения изображений (дата, время, количество серий изображений).

3.5. Модуль просмотра – содержит дату, время просмотра и имя врача.

3.6. Модуль ссылок – содержит ссылки на данные пациента, визита и другие исследования, имеющие отношение к этому исследованию.

3.7. Модуль компоненты исследования – присутствует, если исследование включало несколько разных методик или процедур.

### 4. Результат

*Модули:*

4.1. Идентификационный модуль.

4.2. Модуль заключения.

4.3. Модуль ссылок – содержит ссылки на соответствующее исследование и его интерпретацию.

### 5. Интерпретация

*Модули:*

5.1. Идентификационный модуль.

5.2. Модуль состояния – содержит информацию о текущей стадии процесса интерпретации исследования.

5.3. Модуль звуковой записи – содержит данные о звуковой записи интерпретации исследования (речи врача).

5.4. Модуль текстовой записи – содержит данные о текстовой записи интерпретации исследования (в частности, выполненной другим лицом на основе звуковой записи).

5.5. Модуль подтверждения – содержит информацию о повторном просмотре и подтверждении интерпретации исследования другим врачом.

5.6. Модуль ссылок – содержит ссылки на результаты исследований, к которым относится данная интерпретация.

### 6. Серия изображений

*Модули:*

6.1. Общий – содержит информацию о дате и времени получения серии, о методике и персонале, ее выполнявшем, исследуемой части тела, положении пациента, а также максимальное и минимальное значение яркости во всех изображениях серии.

6.2. Система координат – содержит ссылку на объект, описывающий систему координат.

6.3. Специфичный для методики исследования – содержит информацию, различающуюся в зависимости от того, каким методом получена серия изображений (преимущественно, об использованных технических параметрах съемки).

### 7. Оборудование

*Модули:*

7.1. Общий – содержит информацию о типе оборудования, на котором получена серия изображений, о версии программного обеспечения, о производителе, дате последней калибровки.

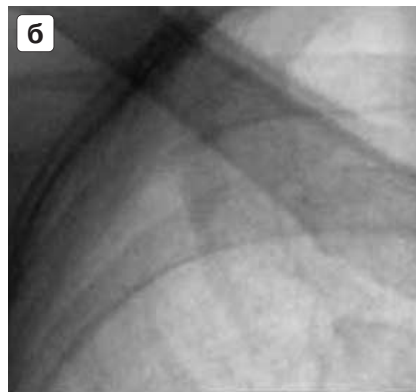
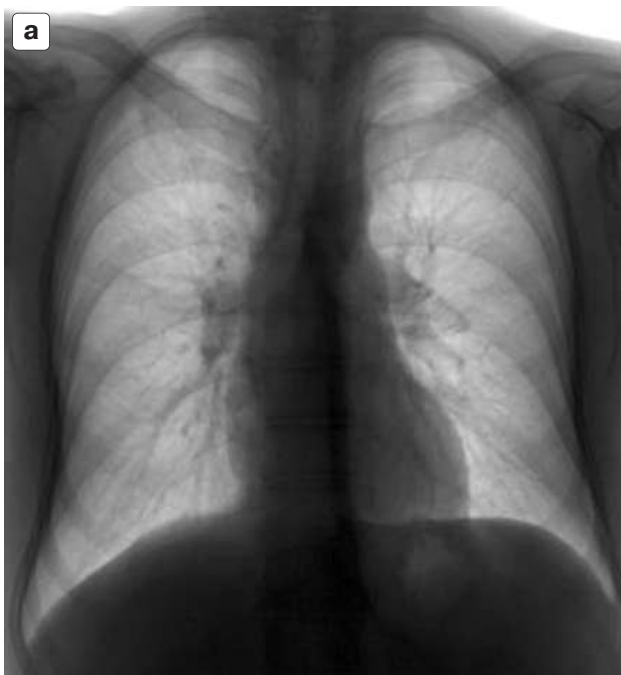
### 8. Изображение

*Модули:*

8.1. Идентификации пациента – содержит имя пациента и номер истории болезни (дублирует соответствующие данные информационного объекта “Пациент”).

8.2. Общий – содержит информацию о времени и способе получения изображения, ссылку на исходное изображение (если данное изображение производное).

8.3. Контрастное вещество – содержит информацию о виде контрастного вещества, применявшегося для получения данного изображения, дозе, времени и способе его введения.



*Рис. 3.3. Цифровое изображение грудной клетки (а) и увеличенный фрагмент области очага (б).*

8.4. Плоскость изображения – содержит данные об ориентации плоскости изображения относительно пациента, толщине слоя и другие.

8.5. Данные изображения – содержит значения высоты и ширины изображения, число двоичных разрядов значений яркости, минимальное и максимальное значения яркости, таблицы цветов (палитры) и собственно массив значений яркостей изображения.

8.6. Модуль движения – содержит информацию, необходимую для демонстрации движущихся изображений.

8.7. Модуль, специфичный для методики исследования, – содержит информацию, различающуюся в зависимости от того, каким методом получено изображение. (В основном, информация касается использованных технических параметров.)

В настоящее время в России существует определенное недоверие врачей-рентгенологов к цифровым рентгеновским архивам, которое, в основном, определяется кажущейся сложностью работы с ними и несовместимостью разных приложений между собой. Думается, эти психологические проблемы могут быть в значительной степени преодолены, если разработчики оборудования для лучевой диагностики будут жестко придерживаться требований стандарта DICOM 3.0, который оговаривает форматы данных, сохраняемых по результатам исследований с использованием различных методов лучевой диагностики.

При подготовке заключений формализованное описание результатов рентгенодиагностических исследований может оказаться полезным по следующим соображениям [13].

- Для практической рентгенологии, как и для других специальностей, важно, чтобы все специалисты говорили на одном научно обоснованном профессиональном языке. Известно, что одну и ту же сканологическую картину разные врачи-рентгенологи описывают несколько по-разному. Ликвидировать эти разночтения – значит, повысить качество диагностики за счет того, что врачу не нужно будет тратить время на дешифровку описания, сделанного другим специалистом. При любой дешифровке возможны ошибки, что может привести к неправильно выбранной тактике лечения и другим негативным последствиям для пациента. Формализованный протокол, использующий только общепринятую отечественную медицинскую рентгенологическую терминологию, призван ликвидировать “языковой” барьер между разными врачами.

- Для здравоохранения имеют большое значение сбор и обработка медицинских статистических данных. Качество медицинского обслуживания напрямую зависит от того, как правильно, полноценно и быстро обобщается и анализируется информация о заболеваемости населения. Модуль, сохраняющий описания снимков в компьютерной базе данных в виде формальных признаков, обеспечивает возможность проведения подобной статисти-

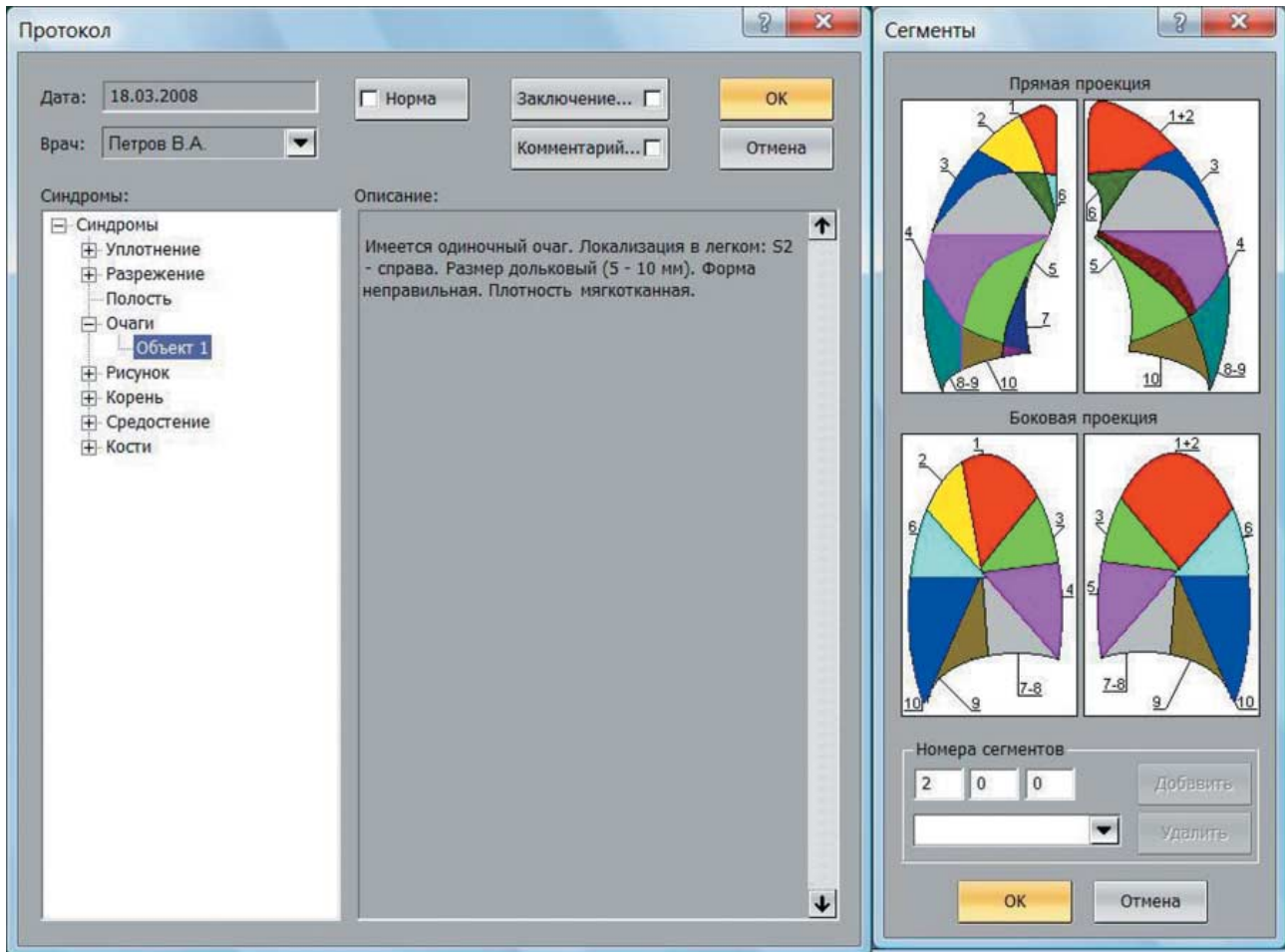


Рис. 3.4. Отдельные экранные формы, возникающие в процессе работы с программой формализованного протокола.

ческой обработки информации на больших выборках.

По этим причинам в состав прикладного ПО полезно включать модуль программного обеспечения, ориентированный на автоматизированное описание результатов исследований. При работе с этим модулем врач всегда имеет выбор: описывать ли патологические изменения в форме произвольного текста или путем заполнения форм, у него есть возможность в любой момент перейти от одного способа к другому. Такой подход позволяет врачу постепенно привыкать к новым методам работы. Переход к формализованному описанию будет происходить плавно, за счет естественного стремления к экономии усилий и времени, что позволит преодолеть целый ряд проблем психологического свойства.

Как пример рассмотрим процесс описания цифрового изображения, зарегистрированного при использовании установки "ПроСкан-7000" (производство компании "Рентгенпром").

Пациент Н., 37лет. Очаговый туберкулез. За тенью правого первого ребра, под ключицей, имеется вытянутый очаг средней плотности с относительно нечеткими контурами. На рис. 3.3 представлено полное изображение (а) и увеличенный фрагмент области очага (б).

При работе с программой формализованного протокола сначала в списке синдромов выбирают "Очаги", отмечают на схеме локализацию поражения, соответствующую S2 правого легкого. Затем выбирают число очагов (единичный), форму (неправильная), размер (до 10 мм) и плотность (мягкотканная). В результате получают связанный текст заключения, представленный в разделе "Описание" на рис. 3.4, где показаны соответствующие экранные формы, возникающие в процессе работы с программой формализованного протокола при описании цифровых изображений грудной клетки.

Важно отметить и то обстоятельство, что способ мышления, задаваемый модулем фор-

мализованного протокола, оказывается очень полезным для молодых специалистов, недавно окончивших курс первичной специализации по рентгенологии, так как он формирует навыки последовательного и полного анализа патологических изменений, обнаруживаемых на цифровых изображениях органов грудной клетки.

### Список литературы

1. *Бабичев Е.А., Бару С.Е., Волобуев А.И. и др.* Цифровая рентгенодиагностическая установка для медицинской диагностики // Медицинская техника. 1997. № 1. С. 13–7.
2. *Беликова Т.П.* Системы архивирования и передачи медицинских изображений // Компьютерные технологии в медицине. 1997. № 3. С. 27–32.
3. *Белова И.Б., Китаев В.М.* Малодозовая цифровая рентгенография (малодозовая цифровая рентгенографическая установка “Сибирь”). Орел, 2001, 160 с.
4. *Бердяков Г.И., Ртищева Г.М., Кокуев А.Н.* Особенности построения и применения цифровых рентгенодиагностических аппаратов для исследования легких // Медицинская техника. 1998. № 5. С. 35–40.
5. *Блинов Н.Н., Варшавский Ю.В., Зеликман М.И.* Цифровые преобразователи изображения для медицинской радиологии // Компьютерные технологии в медицине. 1997. № 3. С. 19–23.
6. *Блинов Н.Н., Варшавский Ю.В., Зеликман М.И.* Особенности использования сканирующего рентгеновского цифрового флюорографа ФМЦ-Хе-125 // Медицинская радиология и радиационная безопасность. 1999. № 4. С. 17–21.
7. *Блинов Н.Н., Варшавский Ю.В., Зеликман М.И.* Преобразователи рентгеновских изображений: разработки и перспективы // Компьютерные технологии в медицине. 1997. № 3. С. 23–24.
8. *Блинов Н.Н., Зеликман М.И., Кокуев А.Н., Соловьев А.А.* О выборе электронного оборудования для рентгенодиагностических цифровых сканирующих систем // Медицинская техника. 1998. № 1. С. 3–6.
9. *Блинов Н.Н., Козловский Э.Б., Лузин С.И. и др.* Особенности цифровых электронно-оптических систем для рентгенодиагностики // Медицинская техника. 1999. № 5. С. 24–26.
10. *Гонсалес Р., Вудс Р.* Цифровая обработка изображений. М.: Техносфера, 2005. 1072 с.
11. *Горелик Ф.Г., Козловский Э.Б.* Новые типы мультиформатных камер // Медицинская техника. 1999. № 2. С. 44–46.
12. *Евфимьевский Л.В., Зеликман М.И.* Цифровое архивирование и обработка результатов профилактических исследований грудной клетки // Пульмонология. 1999.– № 4. С. 18–20.
13. *Евфимьевский Л.В., Зеликман М.И., Садилов П.В.* Опыт использования формализованного протокола для описания цифровых флюорограмм // Медицинская техника. 2003. № 5 С. 42–45.
14. *Евфимьевский Л.В., Зеликман М.И., Степанченко А.П.* Архивирование и передача данных радиологических исследований при использовании международного стандарта DICOM 3.0 // Радиология – практика. 2004. № 4. С. 51–55.
15. *Зеликман М.И.* Метод повышения информативности

**ВАЛТЕКС ИТ**

Наука и технологии

представляет: Standard Imaging, USA

[www.standardimaging.com](http://www.standardimaging.com)

Мировой Лидер в области специализированного оборудования для контроля качества лучевой радиотерапии и диагностики.

Широкий спектр приборов для радиационных (рентген, гамма, электронный пучок) методов лечения: дозиметрия; брахитерапия; радиационная терапия с модуляцией интенсивности; радиотерапия, управляемая изображением; стереотактическая радиохирургия.

**Электрометры, нонные камеры, анализаторы пучка, программное обеспечение для подготовки и планирования лечения, фантомы и симуляторы воды.**

Детали можно найти на сайте фирмы: [www.standardimaging.com](http://www.standardimaging.com)

**[www.valtex.ru](http://www.valtex.ru) – это все что Вам надо знать для выбора импортного оборудования во всех областях науки и техники.**

**Тел.: (495) 960-28-37**

- рентгеновских изображений при цифровой флюорографии // Медицинская физика. 1999. № 6. С. 13–17.
16. Зеликман М.И. Цифровые приемники для рентгенодиагностических аппаратов // Радиология – практика. 2001. № 1. С. 30–34.
  17. Зеликман М.И. Цифровые системы в медицинской рентгенодиагностике. М.: Медицина, 2007. 208 с.
  18. Зеликман М.И., Евфимьевский Л.В. Анализ эффективности алгоритмов повышения информативности рентгеновских изображений при цифровой флюорографии // Медицинская техника. 2001. № 3. С. 35–40.
  19. Литвиненко С.В., Соколов А.В., Хоменко Е.В. Исследование характеристик качества средств визуализации для цифровых флюорографических комплексов // Медицинская техника. 2001. № 5. С. 7–12.
  20. Нудельман С., Фишер П.Х.Д., Фрост М.М. и др. Электронно-оптическая цифровая рентгенография. Часть I. Отделение электронно-оптической цифровой рентгенологии // ТИИЭР. 1982. Т. 70, № 7. С. 14–24.
  21. Нудельман С., Хили Дж., Фрост М.М., Кэпп М.П. Электронно-оптическая цифровая рентгенография. Часть II. Сравнительный экономический анализ системы электронно-оптической цифровой рентгенографии и системы с регистрацией на пленку // ТИИЭР. 1982. Т. 70, № 7. С. 25–32.
  22. Основы рентгенодиагностической техники: Учебное пособие / Под ред. Н.Н. Блинова. М.: Медицина, 2002. 392 с.
  23. Плотников А.В., Прилуцкий Д.А., Селищев С.В. Стандарт DICOM в компьютерных медицинских технологиях // Медицинская техника. 1997. № 2. С. 18–24.
  24. Прэтт У. Цифровая обработка изображений: Пер. с англ. М.: Мир, 1982. Кн. 2. 480 с.
  25. Рентгеновские диагностические аппараты. В 2 т. / Под ред. Н.Н. Блинова, Б.И. Леонова. М.: ВНИИМТ – НПО “Экран”, 2001. Т. 2. 208 с.
  26. Хамицкий В.А., Якубов А.С. Цифровая обработка медицинских изображений – требование сегодняшнего дня // Материалы Международной конференции лучевых диагностов. Республика Беларусь, Минск, 23–24 октября 1997 г., Минск, 1997. 175 с.
  27. Busch H.P. Digitale Projektions – radiographie // Der Radiologe. 1999. V. 8. P. 710–724.
  28. Chotas Harrell G., Dobbins James T., III, Ravin Carl E. Principles of Digital Radiography with Large-Area, Electronically Readable Detectors: A Review of the Basics // Radiology. 1999. V. 210. P. 595–599.
  29. Dusharme Dirk. X-Ray Technologies on the Move. Quality Digest, 2003, October.
  30. Gould P. Solving people issues proves vital in PACS // Diagnostic imaging Europe. 2001. V. 5. P. 29–33.
  31. Halter P. Digital Radiography Comes of age // HospiMedica International. 1998. V. 11. P. 6.
  32. <http://imsdd.meb.uni-bonn.de/standards/dicom/>
  33. <http://medical.nema.org/dicom/2003.html>
  34. <http://www.rsna.org/practice/dicom/dicom.html>
  35. Investigating Direct Radiography // Synergy. 2000. V. 5. P. 12–13.
  36. Leichter I., Fields S., Nirel R. et al. Improved mammographic interpretation of masses using computer-aided diagnosis // Eur. Radiology. 2000. V. 10. N 2. P. 377–383.
  37. Miyamoto J., Knoll G.F. The statistics of avalanche electrons in micro-strip and micro-gap gas chambers // Nuclear Instruments Methods in Physics Research. 1997. A 399. P. 85–93.
  38. Te Brake G.M., Karssemeijer N., Hendriks J.H.C.L. Computer-Aided Detection of Masses in Digital Mammograms // Medical Imaging International. 2000. V. 10. T 2. P. 4–9.

## НОВЫЕ КНИГИ

*Ариелл Т.Д., Вишер Д.Б. Голдштейн Л.Дж.* Ультразвуковая диагностика в хирургии. Основные сведения и клиническое применение. М.: БИНОМ, 2007. 613 с.

*Долгушин Б.Г., Патютко Ю.И., Шолохов В.Н.* Радиочастотная термоабляция опухолей печени / Под ред. М.И. Давыдова. М.: Практическая медицина, 2007. 192 с.

*Кашкадаева А.В., Аверинова С.Г., Ширяев С.В.* Радионуклидные исследования функции почек и уродинамики в онкологии / Под ред. М.И. Давыдова, Б.И. Долгушина. М.: Практическая медицина, 2007. 296 с.

*Малаховский В.Н.* Радиационная безопасность рентгенологических Исследований: Учебно-методическое пособие. СПб.: ЭЛБ, 2007. 104 с.

*Ма О.Дж., Матиэр Дж.Р.* Ультразвуковое исследование в неотложной медицине. М.: БИНОМ, 2007. 390 с.

Периферический рак легкого: количественная оценка эффективности радикального химиолучевого лечения / Под ред. Р.В. Ставицкого, Г.А. Паньшина. М., 2008. 220 с.

Правовые основы профессиональной деятельности специалистов лучевой диагностики / Сборник нормативно-правовых документов. М.: Изд. Научн.-практ. центра мед. радиолог. Департамента здравоохранения г. Москвы. М., 2008. 129 с.

*Хофер М.* Рентгенологическое исследование грудной клетки. Практическое руководство / Атлас. М.: Мед. лит.-ра, 2008. 224 с.