

За последнее десятилетие цифровые методы получения и преобразования медицинских изображений победили пленочные регистраторы практически во всех видах лучевой диагностики, начиная от обычного рентгеновского просвечивания и кончая сложнейшими ангиографическими исследованиями. На последних международных рентгеновских выставках в Чикаго (RSNA) и Вене (ECR) всеми ведущими производителями аппаратуры для лучевой диагностики была продемонстрирована широкая номенклатура новых изделий для цифровой рентгеноскопии, флюорографии, рентгенографии и томографии на базе принципиально новых приемников рентгеновского излучения: малошумящих ПЗС-матриц и полномасштабных полупроводниковых детекторов на основе аморфного кремния и селена. Также стремительно развивается УЗ-диагностическая аппаратура и магнитно-резонансные томографы. Несколько менее стремительны темпы развития аппаратуры для ядерной медицины.

Если говорить о глобальных тенденциях развития производителей техники для лучевой диагностики, можно отметить две противоположные тенденции:

1. Поглощение крупными корпорациями мелких фирм-производителей, разрабатывающих коллективов и технологических возможностей мелкого производства (т.е. концентрация капитала). Особенно активно проявляются "захватнические" тенденции в деятельности таких "big boys" рынка медицинской техники, как Philips Medical Systems, Siemens Medical Systems, General Electric (GE).

2. Появление новых маломощных производителей, которые на основе собственных изобретений и новинок "ноу-хау" организуют производство новых видов медицинской техники. Если первая тенденция нарастает, вторая – снижается.

Попытаемся кратко обозначить основные достигнутые вехи в различных областях техники для лучевой диагностики к 2002 году.

Компьютерная томография (КТ) и перспективы ее развития

Спиральные компьютерные томографы практически вытеснили однослойные системы. Следующим шагом, отчетливо проявившемся в последние годы, является введение в спиральные томографы нескольких систем детекторов (т.н. мультидетекторные системы). Спиральные системы с одновременным получением двух слоев (двухслойные системы) становятся наиболее распространенными на современном рынке компьютерных томографов,

что позволяет существенно удешевить систему при высоком качестве изображения.

Наивысшим достижением в области МРТ по-прежнему являются сверхпроводящие томографы с напряженностью 3–4 Тесла, позволяющие проводить исследования всего тела. Особенно существенное расширение диагностических возможностей в таких системах достигается при исследовании головного мозга. Широко развивается магнито-резонансная ангиография, со-

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ АППАРАТУРЫ ДЛЯ ЛУЧЕВОЙ ДИАГНОСТИКИ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Блинов Н. Н., *д.т.н., проф. НПО "Экран"*
Варшавский Ю. В., *д.м.н., проф. НПЦ МР*

поскольку такое техническое решение существенно расширяет возможности применения КТ, особенно при кардиоваскулярных исследованиях, в интервенционной радиологии, при скрининге легочных патологий. Широко развиваются методы "виртуальной эндоскопии", основанные на компьютерной обработке трехмерных (3D) изображений. В РФ компьютерные томографы не разрабатываются и не выпускаются.

Магниторезонансная томография (МРТ)

Ряд новых систем МР томографов построен на открытых сверхпроводящих магнитах вертикального типа с напряженностью 0,6–2 Тесла. Одновременно продолжается совершенствование МР-систем открытого типа на постоянных магнитах с напряженностью на уровне 0,2 Тесла.

Еще одной тенденцией является создание малых МР-систем для исследования конечностей, для диагностики остеопороза. Малый диаметр магнита

здаются магнито-контрастные препараты на базе соединений гадолиния. В РФ разрабатывается и производится НПФ "Аз" (Москва) на резистивных и постоянных магнитах.

Аппаратура для ядерной медицины

Наблюдается резкий прогресс в области производства двухфотонных эмиссионных (или позитронно-электронных) томографов (ПЭТ).

В 2000 году впервые появились на международном рынке комбинированные системы, позволяющие проводить ПЭТ и КТ исследования одновременно, что обеспечивает сопоставление в одном исследовании морфологических и анатомических характеристик исследуемого объекта, особенно существенных для онкологии. Первые такие системы разработаны фирмами GE и Siemens.

Однофотонные эмиссионные томографы и гамма-камеры совершенствуются в части программного обеспечения, скорости исследования, дизайна.

УЗ-диагностическая аппаратура

В ультразвуковые сканеры широко внедряются методы формирования трехмерного изображения, при которых двухкоординатная детекторная УЗ-система обеспечивает одновременный сбор данных из зоны интереса под разными углами.

Программы компьютерной обработки позволяют исключить артефакты и искажения, присущие УЗ-изображению, и облегчают его интерпретацию.

Новые методы УЗ-исследований: цветное доплеровское картирование (ЦДК) и ангиография на основе цветового кодирования доплеровского сдвига частоты многократно расширяют диагностические возможности УЗ-исследований кровотока, сосудов и сердца.

Широко развивается модернизация (upgrading) существующих УЗ-систем за счет введения новых аппаратурно-программных возможностей обработки сигнала. Ряд фирм представляют новые модели носимых УЗ-сканеров, обеспечивающих оперативную диагностику в скоромощной медицине, медицине катастроф, помощи на дому.

Рентгенодиагностическая аппаратура

Бум, достигший своего максимума три года назад в связи с широким внедрением методов и средств формирования цифровых рентгеновских изображений в рентгенодиагностическую аппаратуру, продолжается снижающимися темпами. Все более отчетливо обозначились тенденции:

1. Совершенствуются и удешевляются устройства для цифровой рентгенографии с помощью стимулируемых люминофоров (называемые "computed radiography" (CR), главным достоинством которых является возможность их совместной работы с существующим парком рентгеновской аппаратуры. Наряду с традиционными производителями этого вида техники (Fuji, Agfa, Kodak), достаточно дешевые модели автономных систем для цифровой рентгенографии на стимулированных люминофорах создаются новыми фирмами (Orex, Lumisys).

Устройства для цифровой рентгенографии со стимулированными люминофорами (CR)

Таблица 1

Производитель	Orex, Израиль	Fuji, Япония	Agfa, Бельгия	Kodak, Германия	Lumisys, Греция
Тип	РсCR 1417	5000 R	ADC solo	CR 800	ACR 2000
Размер экрана, мм	Стандартные кас- сеты до 35×43	—	—	—	—
Контраст, бит	12	12	12	12	12
Пространственное разрешение, пар лин./мм	5 10	5 10	6 9	—	—
Производительность, кадр/час	30	70	60	—	50
Размеры, мм	720 × 510 × 320	730 × 700 × × 1415	1145 × 1780 × × 1562	—	1298 × 814 × × 458
Вес, кг	40	260	210	—	46
Цена, UD	30,000	120000	80000	70000	60000

2. Продолжается развитие и совершенствование систем для цифровой регистрации, построенных с использованием оптического переноса изображения с люминесцентного экрана на один или несколько малошумящих матриц, которые прежде всего из-за рекламных соображений получили странное наименование direct digital radiography (ddR), хотя с физической точки зрения правильнее было бы назвать это направление indirect digital radiography, т.е. непрямая цифровая рентгенография.

В таблице 2 приведены характеристики систем на ПЗС-матрицах, выпускаемых как в России, так и за рубежом. Если до недавнего времени применение подобных систем ограничивалось, главным образом, профилактическими исследованиями грудной клетки (т.н.

цифровой флюорографией), то в последнее время благодаря улучшению качества изображения (прежде всего за счет повышения пространственного разрешения до уровня 2,5–3 пар лин./мм) область применения систем непрямой цифровой рентгенографии охватывает практически все задачи общей рентгенографии, включая исследования скелета и конечностей. Следует отметить, что стремление ряда разработчиков достигнуть повышения качества изображения за счет увеличения количества ПЗС-матриц, участвующих в формировании изображения, натолкнулось на ряд серьезных трудностей. Сейчас уже становится ясно, что повышение числа матриц более 4 вряд ли целесообразно, поскольку приводит к громоздким программам "сшивки" и калибровки изображений отдельных матриц.

Таблица 2

Аппараты для цифровой рентгенографии с оптикой переноса и ПЗС-матрицами

Федеральных ли	176 больниц	Общая мощность коечно- го фонда 47 188 коек
областных ЛПУ	29 диспансеров	Число коек на 10 000 на- селения – 106,6
муниципальных ТУ	40 центров специализированной помощи 36 самостоятельных амбулаторно- поликлинических учреждений	15 500 врачей (35,1 вра- чей на 10 000 населения)
	37 стоматологических поликлиник	41 500 средних медицин- ских работников (92,8 на 10 000 населения) 5500 фармацевтов и про- визоров
	83 станции скорой медицинской помощи	
	6 станций переливания крови	
	15 санаториев	
	9 домов ребенка	
	815 фельдшерско-акушерских пунктов	

Следует подчеркнуть, что в России выпускаются, по крайней мере, три типа цифровых флюорографов на ПЗС-матрицах как в стационарном, так и переносном вариантах.

Стоимость рентгеновских аппаратов для цифровой рентгенографии, построенных на принципе оптического переноса изображений на ПЗС-матрицу, колеблется от 50–100 тыс. дол. (Россия) до 300–400 тыс. долл. (Swissray, Швейцария).

Под влиянием конкуренции и по мере развития технологии производства малозумящих ПЗС-матриц эти цифры будут в ближайшие годы неизбежно снижаться.

3. Третьей генеральной линией развития систем для цифровой рентгенографии является создание полномасштабных твердотельных панелей на двух принципах: фотодиодная матрица из аморфного кремния с напыленным на нее люминесцентным экраном, либо слой селенового полупроводника, контактно совмещенный с матрицей из аморфного кремния. Здесь достигнуты самые впечатляющие результаты (таблица 3): пространственное разрешение для общей рентгенодиагностики 5 пар линий/мм (размер пиксела 100 мкм) и для маммографии 11 пар линий/мм (размер пиксела 40 мкм) при контрастной чувствительности на уровне

1% и дозе в плоскости экрана на уровне 500 мкР. Квантовая эффективность твердотельных детекторов составляет 40–60%.

В соответствии с принятой за рубежом терминологией рентгенография на твердотельных полномасштабных детекторах называется “digital radiography” (DR). В русском переводе может быть предложен термин “прямая цифровая рентгенография”.

Полномасштабные цифровые рентгеновские детекторы выпускаются в настоящее время фирмами GE (США), Trixel, Siemens, Philips, Thomson.

В России отсутствует разработка подобных матриц. Наиболее близким аналогом могут явиться системы с твердотельными кремниевыми линейками детекторов, на которые напылен слой люминофора. Их достоинствами по сравнению с зарубежными аналогами является отсутствие вредного влияния рассеянного излучения. В табл. 3 приведены характеристики рентгенографических комплексов с твердотельными детекторами отечественного и зарубежного производства.

В РФ рекомендованы к применению 7 типов различных рентгеновских цифровых комплексов, созданных отечественными производителями. Примерами могут служить сканирующие малодозовые цифровые флюорографы:

АПЦФ-01, разработанный ЗАО “Рентгенпром” (Московская обл.), МЦРУ “Сибирь”, созданный ИЯФ им. Будкера (г. Новосибирск), «СириусСкан», производства «Медрентех» (г. Москва).

Прослеживается тенденция замены рентгеновских кабинетов с традиционными тремя рабочими местами на рентгеновские кабинеты с телеуправляемыми и полипозиционными столами с цифровыми приемниками, выполняющими функции всех трех рабочих мест. Сочетание трех рабочих мест в одном обеспечивает большую экономичность и эксплуатационную гибкость. Сейчас такие полипозиционные столы оборудуются цифровыми преобразователями с большими рабочими полями усилителей рентгеновских изображений (РЭОПов). Примером может служить новый отечественный телеуправляемый комплекс, созданный в 1999г. фирмой “Амико” – “Телемедикс-Р”.

В состав комплекса входит компьютерное автоматизированное рабочее место рентгенолога (АРМ рентгенолога) и фреймграбер с цифровой системой запоминания изображения, получаемого с ПЗС-матрицы усилителя рентгеновского изображения - УРИ. В комплексе применен итальянский поворотный стол-штатив GMM с возможностью томографии и прицельных снимков. В качестве УРИ для комплекса “Телемедикс-Р” фирмой “Амико” разработан новый УРИ с улучшенными параметрами “Аметист”.

Этот же тип усилителя с цифровым преобразователем изображения применен в другом новом отечественном комплексе на три рабочих места с традиционным поворотным столом-штативом “Медикс-Р”.

В обоих комплексах используется унифицированное среднечастотное рентгеновское питающее устройство на 50 кВт, высокочастотный генератор TOP-X (Венгрия-США) и отечественные двухфокусные рентгеновские трубки с вращающимся анодом. Комплексы, подобные “Медикс-Р”, выпускаются также заводом “Мосрентген” (РДК-50/6).

Во всем мире все более широко используются рентгеновские аппараты

Таблица 3
Характеристики цифровых рентгенографических комплексов с твердотельными детекторами

Характеристика	СириусСКАН Медрентех Россия	АПЦФ-01- Амико Россия	Erex Hologic, США	Revolution XDI, GE	Trixel 4600 Германия
Способ регистрации (тип детектора)	Сканирующий полупроводниковый	Сканирующий полупроводниковый	Селен + кремний 400 x 400	Селен + кремний 400 x 400	Люминофор + кремний 400 x 400
Рентгеновский аппарат	125 кВ 150 мА 5 с среднечастотн.	125 кВ 100 мА 5 с среднечастотн.	150 кВ 1000 мА 0,001–1 с среднечастотн.	150 кВ 1000 мА 0,001–3 с среднечастотн.	150 кВ 1000 мА 0,001–3 с среднечастотн.
Разрешающая способность, мм	1,2	1,2	3,0	5,0	4,0
Контрастн. чувствительность, %	1,5	1,0	1,5	1,5	1,5
Доза в плоскости приемника (ср.режим)	0,6 мР	0,5 мР	0,5 мР	0,5 мР	0,6 мР
Производительность, кадров/час	30	60	60	60	60
Средний режим исследования	80 кВ 25 мА	80 кВ 15 мАс	100 кВ 2 мАс	100 кВ 2 мАс	100 кВ 3 мАс
Стоимость комплекса, UD	80000	60000	450000	480000	350000

с многопозиционными арочными (т.н. "C-arm") штативами, оборудованные УРИ с цифровой памятью. Хирургические рентгеновские аппараты этого класса выпускаются более чем 10 зарубежными и тремя отечественными фирмами. Примерами отечественного аппарата этого класса являются многопрофильный хирургический рентгеновский аппарат с цифровой памятью типа ARCO-140, выпускаемый ЗАО "Амико", а также русифицированный вариант хирургического аппарата фирмы Филипс УРС-230 "Абрис", созданный фирмой "Абрис". Появилась и широко развивается новая индустрия рентгенологических средств, связанная с объединением рентгеновской аппаратуры в информационные сети с цифровыми архивами. Как и другая техника для лучевой диагностики, рентгеновская аппаратура должна использовать единые международные стандарты обмена данными, что содействует созданию единого информационного пространства и единой базы данных диагностической информации ЛПУ.

В настоящее время широко развивается телерентгенология, в том числе и в РФ, при этом число телемедицинских проектов для рентгенологии превышает 20% от общего числа проектов.

Отечественная рентгенотехника, хоть и уступает по технологическим возможностям производству ведущим зарубежным производителям, однако же продолжает активно развиваться по генеральному пути мирового рентгеноаппаратостроения: компьютеризации рентгеновского исследования. При этом главной задачей становится обучение медперсонала, освоение рентгенологами новых возможностей цифровой техники преобразования изображений и поиски средств, необходимых для модернизации и переоснащения аппаратуры, находящейся в эксплуатации в рентгеновских отделениях страны, которая более чем на 80% устарела.

Таким образом, в России в достаточных количествах и на достаточно современном уровне производится аппаратура и оборудование для общей рентгенологии и флюорографии, в том числе и цифровой, а также все виды рентгенозащитного оборудования. В этих разделах медицинской техники МЗ РФ может ориентироваться на отечественных производителей.

В то же время в России не выпускаются следующие виды специализированной медицинской рентгеновской техники:

- компьютерные томографы;
- ангиографические комплексы
- ортопантомографы
- остеоденситометры
- рентгеноурологические аппараты.

В этих классах техники неизбежна зависимость от импорта.

Основные задачи развития техники для отечественной лучевой диагностики:

- ориентация на отечественное производство аппаратуры для общей рентгенологии, флюорографии, рентгенозащитных средств;
- модернизация и переоснащение устаревшей аппаратуры;
- организация разработки и производства компьютерных томографов, ортопантомографов, остеоденситометров, ангиографических комплексов, рентгеновской пленки;
- организация службы контроля состояния диагностической техники, параметров аппаратуры и защитных свойств в ходе работы;
- внедрение цифровых методов рентгенографии, обучение медперсонала;
- законодательный запрет просвечивания с экрана (без УРИ), низкочувствительной пленочной флюорографии. ✍