

Н.Н.БЛИНОВ, А.Н.ГУРЖИЕВ, Н.Е.СТАНКЕВИЧ,

ЗАО «Амико», г.Москва

Анализ состояния отечественного парка рентгенодиагностической аппаратуры и перспективы его развития

Техническая революция в лучевой диагностике, предсказанная американским ученым Нудельманом в 1982 году, связанная с переходом в ближайшие двадцать лет к цифровому представлению медицинских изображений, к настоящему времени в полной мере свершилась. Уже работают в клиниках и госпиталях мира десятки тысяч компьютерных рентгеновских томографов, созданы сложнейшие устройства для цифровой субтракционной ангиографии, цифровые системы для автоматизированной биопсии в маммологии, многочисленные АРМ рентгенолога на основе персональных компьютеров, которые позволяют производить цифровую обработку при рентгеноскопии и рентгенографии.

Внедрены цифровые методы обычной рентгенографии в одном из важных ее разделов - флюорографии. В последние годы преодолен, наконец, барьер для практикующего рентгенолога, связанный с отходом от привычных «пленочных» технологий и освоением принципиально новых возможностей компьютерной техники. Более сложно было преодоление экономических проблем, связанных с широким распространением традиционной пленочной и рентгеновской аппаратуры (РДА), которую надлежало заменить новой, значительно более дорогой цифровой (ЦРДА).

Этот аспект был особенно важен для России, переживающей серьезные экономические трудности. Ситуация в лечебной сети в России с рентгеновской аппаратурой, сложившаяся к настоящему времени, характеризуется цифрами, приведенными в табл. 1. Там же для сравнения приведены данные пятилетней давности (1997 г.).

Анализ показывает, что за пять лет оснащение аппаратурой отделений лучевой диагностики мало изменилось. До сих пор более 70% представляют собой устаревшие изделия, более чем десятилетней давности выпуска, исчерпавшие свой ресурс и подлежащие замене. В среднем не более 15% из всей РДА - зарубежного производства. Если учесть, что рентгеновская промышленность СССР в значительной мере была разрушена (завод «Актюбрентген» оказался в Казахстане, объединение КПОМА - на Украине, российские заводы «Мосрентген» и «Севкаврентген» в десять и более раз уменьшили объемы производства), а современный зарубежный цифровой комплекс для общей диагностики стоит 500 и более тысяч долларов, очевидно, что без создания отечественной ЦРДА, существенно более дешевой по сравнению с зарубежной, задача переоснащения рентгенологии в нашей стране не может быть решена. Восстановление отечественной рентготехники с помощью развития мобильных малых предприятий, сборочных производств происходило в последние годы быстрыми темпами путем разработки и модернизации основных узлов рентгеновского комплекса: рентгеновского питающего устройства (РПУ) и создания детекторов для регистрации цифрового изображения.

Данные табл. 1 приведены с учетом формы 30 Службы Главного рентгенолога МЗ РФ, профессора Л.М.Портного. Сравнительный анализ состояния рентгеновской аппаратуры в России за пятилетний период позволяет сделать ряд существенных выводов.

Создан в последние годы целый ряд новой отечественных РДА с цифровой регистрацией как общего, так и специального назначения: флюорографы,

маммографы, передвижные аппараты типа «С-дуга», УРИ с электронной памятью, телеуправляемые аппараты для просвечиваний и снимков, рентгенографические цифровые аппараты.

Таблица 1

Состояние парка рентгеновской аппаратуры в РФ (к концу 2002 года)

Тип РДА	в ЛПУ, шт.		Потребность шт.	Примечания
	1997 год	2002 год		
Стационарные РДА для просвечивания и снимков:	~ 10000	8914	10000	Выпускаются в РФ серийно
в том числе без УРИ	0	3679	5000	
- для снимков	4000	4091	5000	Выпускаются в РФ серийно
- для просвечивания	4600	114	10000	Выпускаются в РФ серийно
- с цифровой регистрацией	-	-	-	
Палатные и передвижные РДА	9000	8466	6000	Выпускаются в РФ серийно
Типа «С-арт» с цифровой регистрацией	~ 100	537	3000	Выпускаются в РФ серийно
Маммографы	1200*	1132*	5000	Выпускаются в РФ серийно
Дентальные аппараты, в том числе:	6000	6368	5000	Не выпускаются в РФ
- ортопантографы	260	454	2000	Выпускаются в РФ
- с цифровыми детекторами	-	279	2000	
Флюорографы:				
- пленочные	5600	5278	-	Выпускаются в РФ серийно
- цифровые	80	484		Выпускаются в РФ серийно
РДА для ангиографии	100	202	500	Не выпускаются в РФ
Рентгеновские компьютерные томографы	260	403	800	Не выпускаются в РФ
Магнитно-резонансные томографы	200	~300	500	Выпускаются в РФ серийно
Рентгеновские остеоденситометры	-	53	600	
Рентгеновские аппараты, всего	~ 32000	36782	28000	Включая электрорентгеновские аппараты и передвижные кабинеты

* Более 40% устаревшие отечественные аппараты «Электроника» снимаются с эксплуатации

Несмотря на усилия отечественной промышленности, общее тяжелое состояние парка РДА в РФ практически не изменилось за последние пять лет. По-прежнему основной объем аппаратуры в ЛПУ страны (более 70%) составляют устаревшие аналоговые модели, исчерпавшие ресурс. Значительное количество просвечиваний ведется без УРИ (40%), а фотообработка проводится вручную.

Следует отметить, что статистика, содержащаяся в ежегодной отчетности по форме 30, страдает определенной формальностью. До сих пор, например, приводятся данные о количестве используемых электрографических аппаратов, хотя, по нашим данным, уже, по крайней мере, 10 лет прекращен выпуск электрографических пластин (Литва), а срок эксплуатации пластин ограничен 5 годами. Маммографические отечественные аппараты «Электроника» также практически не эксплуатируются в последние 5 лет, поскольку сменные конверты вакуумных кассет с маммографическими экранами ЭУИ-4, освоенные ЗАО «Амико», срок эксплуатации которых не превышает 1-1,5 года, последние несколько лет практически не востребованы. Однако общая картина достаточно объективна.

Объемы выпускаемой отечественной промышленностью рентгеновской аппаратуры, определяемые целиком объемами заказов, до сих пор не обеспечивают компенсации естественного старения аппаратуры. Это объясняется не ограниченными возможностями предприятий по наращиванию выпуска, а только слабыми финансовыми возможностями отечественного здравоохранения. Как показывает наш анализ, удовлетворение потребностей в аппаратуре общего назначения (более 60%) может быть обеспечено за счет отечественных моделей. Только некоторая специальная РДА в РФ не выпускается, и ее обеспечение должно производиться за счет импорта:

1. Компьютерные рентгеновские томографы;
2. Рентгеновские остеоденситометры;
3. Ортопантомографы;
4. Ангиографическая аппаратура.

Несмотря на заметное возрастание чувствительности рентгеновских приемников изображений и бурное развитие иных методов лучевой диагностики, в последние годы генетически значимая доза облучения при рентгеновских исследованиях практически не изменилась в нашей стране, существенно превышает необходимый уровень и составляет 2 мкЗв в год на человека.

Это обусловлено рядом разнообразных причин:

- ◆ организационные причины, связанные с необоснованным направлением на рентгеновское исследование, низкой эффективностью работы;
- ◆ высокий уровень брака и повторные исследования (до 10-12%);
- ◆ проведение рентгеноскопии без УРИ, запрещенное более 10 лет назад во всех развитых странах и ручное проявление пленок при рентгенографии;
- ◆ использование устаревшей аппаратуры, не обеспечивающей требуемые режимы;
- ◆ нерациональный выбор физико-технических условий исследования;
- ◆ недостаточная эффективность применяемых в отечественной аппаратуре приемников и преобразователей рентгеновских изображений;
- ◆ нерациональное использование средств радиационной защиты;
- ◆ отсутствие достаточно эффективных методов и средств контроля эффективной эквивалентной дозы облучения.

Проведенный нами анализ показывает, что к настоящему времени существует значительное количество как РДА, так и систем преобразования для формирования цифровых изображений.

Следующие методы рентгенодиагностики имеют цифровые эквиваленты:

Аппараты для ангиографии: созданы цифровые субтракционные системы (в РФ не выпускаются).

Аппараты для исследования легких: созданы системы для полноформатной цифровой рентгенографии грудной клетки как в вертикальном, так и в горизонтальном положении пациентов (8 моделей выпускаются в Российской Федерации, рис. 1, 2).



Рис.1. Цифровой сканирующий флюорограф «ПроСкан 2000» производства ЗАО «Рентгенпром», Московская область



Рис.2. Цифровые флюорографические кабинеты на шасси ЗИЛ и КАМАЗ производства ЗАО «Рентгенпром» и НПО «Экран»

Маммографические аппараты: цифровые системы для проведения биопсии, цифровые маммографы (начата сборка 2 моделей в РФ).

Аппараты для общей рентгенологии: в традиционных комплексах для просвечивания и снимков вводятся устройства для цифрового запоминания изображения, рядом ведущих фирм разработаны аппараты нового поколения на основе управляемых поворотных столов-штативов, обеспечивающих полный отказ от пленочной рентгенографии (в Российской Федерации выпускается ряд моделей, рис. 3 а, б, в);



Рис. 3. Комплекс для общей рентгенологии «Медикс-Р», ЗАО «Амико»: а – поворотный стол-штатив с УРИ «Аметист»; б – вертикальная стойка; в – стол для снимков и томографии

Рентгенографические аппараты для дентальной рентгенологии: уже действуют тысячи цифровых систем на основе ПЗС-матриц и стимулируемых люминофоров (в Российской Федерации выпускается дентальный визиограф «Денталикс-Амико», рис. 4).

РДА для исследований костно-суставного аппарата: этот раздел рентгенологии (составляющий по количеству исследований 30-40%) до сих пор оставался и дольше всего сохранился пленочным, это связано с высокими требованиями по пространственному разрешению, здесь переход к цифровым изображениям оказался возможным, когда были созданы полномасштабные (40x40 см) твердотельные матрицы с числом пикселей 4000x4000, в рентгенокопии. Эта задача была решена в последние годы, но, к сожалению, не в России.

Рентгенохирургические аппараты для операционных залов в Российской Федерации выпускаются тремя фирмами (рис. 5). Проведенный анализ показал, что по физическим принципам регистрации приемники для цифровой рентгенографии можно разделить на следующие типы:

1. РЭОП + тракт ТВ (Siemens, Philips, НПК «Электрон», ЗАО «Амико» и др.).
2. Селеновый барабан + сканирование электронным щупом (Philips).
3. Стимулированный люминофор + сканирование лазером + считывание светосуммы (Fuji, Agfa, Kodak, Digora).
4. Рентгеночувствительный люминофор + оптика переноса + ПЗС-матрица (Imex, Medira, Renex-флюоро, НПК «Электрон», ЗАО «Рентгенпром»).
5. Рентгеночувствительный люминофор + ЭОП + оптика переноса + ПЗС-матрица (Digidelca, Old Delft) выпускается в убывающем количестве.

6. РЭОП в 4-х квадратах («Спектр-АП»).

7. Линейка игольчатых электродов в ксеноне под давлением + сканирование (ФМЦ-Хе-125, НПЦМР, МЦРУ «Сибирь», ИЯФ СО РАН).

8. Люминофор + линейка кремниевых детекторов + сканирование (ФМПЦ-Si-125, НПЦМР, ЗАО «Амико», ПроСкан, ЗАО «Рентгенпром»).

9. Полномасштабная матрица (40x40 см) на аморфном кремнии с напыленным люминофором (Trixel, General Electric, Сапоп и др.) либо селеновым слоем (Hologic).



Рис. 4. Рентгеновизиограф «Денталикс» для цифровой дентальной рентгенографии производства ЗАО «Амико»



Рис. 5. Передвижной цифровой рентгеновский аппарат типа «С-дуга» для просвечиваний и цифровой рентгенографии в операционных АРХП-«Амико»

По результатам нашего анализа, наиболее перспективными являются аппараты, работающие на принципах п.п. 1 для просвечивания, п.п.3, 8 и 9 для рентгенографии, а п. 9 для просвечивания с одновременной рентгенографией. Это генеральное направление развития современных РДА. Все отмеченные типы РДА, за исключением позиции п.1, где используется РЭОП, пригодны по размеру поля для общей рентгенографии (не менее 360x380 мм). Фирмой «Siemens» делались попытки создать РЭОП с диаметром 570 мм для рентгенографии и флюорографии, однако из-за высокой стоимости такая система нашла весьма ограниченное применение.

Фирма СП «Спектр-АП» успешно выпускает аппарат для цифровой рентгенографии, в котором УРИ перемещается в четырех квадратах, создавая общий размер кадра 400x400 мм и формируя изображение компьютерной «сшивкой» четырех изображений. Позиция 2 из-за принципиальных ограничений, хоть и применяется фирмой «Philips» для исследования легких, однако вряд ли найдет широкое применение в дальнейшем.

Система п. 3, основанная на применении стимулируемых люминофоров, запоминающих накопленную под действием рентгеновского излучения светосумму (фирмы «Fuji», Япония; «Agfa» и «Kodak», Германия), обладает только одним недостатком: считывание светосуммы осуществляется весьма сложно, процесс требует сканирования поверхности люминофора лазерным лучом и наличия ФЭУ для регистрации света. По этой причине стоимость системы высока (система Фуджи для рентгенографии легких стоит более 500 тыс. долларов).

Достоинство: система позволяет использование любых существующих рентгеновских аппаратов.

Применение традиционной флюорографической системы, где на выходе вместо фотоаппарата размещается ПЗС-матрица, может оказаться существенно

дешевле систем на стимулируемых люминофорах и селеновых барабанах, но требует принципиально более высокой дозы на кадр из-за повышенных потерь в оптике. Тем не менее подобная система может дать существенный выигрыш в дозе по сравнению с пленочной флюорографией.

Позиции 5, 6 отличаются от позиции 4 наличием РЭОП специальной конструкции (линейного с параллельным переносом электронов или с вращающейся механической и сканирующей системой). Такие системы позволяют снизить дозу на кадр, но требуют большого времени на сканирование или вращение и повышения стоимости из-за введения сложного РЭОПа. Такая система реализована голландской фирмой «Old Delft» в аппарате «Digidelca» для исследования легких и СП «Спектр-АП» в аппарате ЦФ-1.

Типы сканирующих цифровых аппаратов (ИЯФ, Новосибирск, ЗАО «Амико», ЗАО «Рентгенпром», Москва, позиции 7 и 8) построены на отечественных детекторах производства ИЯФ им. Будкера (многоигольчатые детекторы в ксеноне под давлением), кремниевых диодах (завод «Восток», Новосибирск и ЗАО «Рентгенпром», Московская область).

Их принципиальным недостатком, который присущ всем сканирующим системам, является относительно высокое время сканирования (3-8 с), что приводит к повышенной нагрузке трубки и может ограничить производительность системы.

Наибольший прогресс в цифровой рентгенографии сулит создание полноформатных твердотельных полупроводниковых фотодиодных матриц (400x400 мм) для формирования цифрового рентгеновского изображения.

Такие системы созданы рядом ведущих зарубежных фирм: «General Electric», «Trixel» (США), «Siemens», «Philips», «Tomson» (Европа), «Сапоп», Япония и рядом других. Три европейские фирмы создали совместную фирму «Trixel» специально для реализации такой матрицы.

Принципиальным недостатком такой системы может быть ухудшение характеристик детекторов под действием рентгеновского излучения. Первые коммерческие образцы появились в 2000 году и уже нашли широкое распространение.

Стоимость такой матрицы до сих пор остается очень высокой (более 100 тыс. долларов за матрицу), что является серьезным ограничением ее применения, особенно в России. К сожалению, в России отсутствуют какие бы то ни было возможности постановки подобной разработки из-за экономических сложностей.

Уместно заметить, что, например, затраты «General Electric» на такой проект уже превысили 150 млн. долларов.

Проведенный анализ показывает, что для российских условий наиболее приемлемыми в решении поставленной задачи перевода службы рентгенодиагностики на цифровые методы являются позиции 1, 4 и 8.

Из самых насущных проблем отечественной лучевой диагностики следует назвать следующие:

- необходима организация мероприятий по максимально быстрой модернизации отечественного парка РДА, выделение для этого финансовых ресурсов;
- необходимо в законодательном порядке запретить просвечивание без УРИ и низкочувствительную пленочную флюорографию;
- необходимо при конкурентных закупках создать условия максимального благоприятствования отечественным производителям;
- необходимо организовать периодический контроль основных характеристик эксплуатируемой аппаратуры.