

БРЯНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра эпизоотологии, микробиологии, паразитологии
и ветеринарно-санитарной экспертизы

Крапивина Е. В. Иванов Д.В.

РЕНТГЕНОЛОГИЯ

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ
ДЛЯ ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ
СТУДЕНТОВ ИНСТИТУТА ВЕТЕРИНАРНОЙ МЕДИЦИНЫ
И БИОТЕХНОЛОГИИ ПО СПЕЦИАЛЬНОСТИ
36.05.01 - «Ветеринария»

Брянская область — 2015 г

УДК
ББК
К

Крапивина Е. В. РЕНТГЕНОЛОГИЯ: Учебное пособие/
Крапивина Е. В. Иванов Д.В. – Брянск: Издательство Брянский ГАУ,
2015. - 152 с.

Учебное пособие составлено доктором биологических наук, профессором кафедры эпизоотологии, микробиологии, паразитологии и ветеринарно-санитарной экспертизы Крапивиной Е. В. и ветеринарным врачом учебной ветеринарной клиники Брянского ГАУ Ивановым Д.В.

В пособии представлены основы рентгенотехники. Приводятся основные правила рентгеновского исследования и обработки рентгеновской пленки. Материал иллюстрирован рисунками, которые позволят студентам лучше усвоить материал при изучении раздела «Рентгенология» дисциплины «Клиническая диагностика с рентгенологией». Учебное пособие предназначено для студентов ветеринарной специальности по направлению 36.05.01- «Ветеринария».

Рецензент: зав. кафедрой нормальной и патологической морфологии и физиологии животных Брянского ГАУ;
кандидат биологических наук, доцент В.Н. Минченко.

Одобрено и рекомендовано к изданию методической комиссией института ветеринарной медицины и биотехнологии Брянского государственного аграрного университета, протокол № 1 от 31.08. 2015 г.

© Крапивина Е. В., 2015

© Иванов Д.В., 2015

© Брянский ГАУ, 2015

Введение

Настоящее учебное пособие для изучения дисциплины «Рентгенология» основано на типовой программе «Клиническая диагностика с рентгенологией», разделе «Рентгенология» по специальности 111801 – «Ветеринария», которая предусматривает изучение правил работы на рентгеновских аппаратах и методов защиты от ионизирующих излучений. Полученные знания позволят специалисту квалифицированно проводить рентгенологические исследования внутренних органов и костно-суставного аппарата, а также анализировать рентгенограмму и на основании рентгеноснимка диагностировать патологию.

Рентгенология базируется на знаниях, полученных при изучении анатомии, гистологии, физиологии, патологической физиологии, анатомии, и в свою очередь, является частью фундамента других клинических дисциплин (терапии, хирургии, акушерства).

Использование рентгеновских лучей в ветеринарии связано с их способностью проникать через ткани организма и в различной степени задерживаться ими (в зависимости от плотности ткани); вызывать флюоресценцию; оказывать фотохимическое действие (в частности на рентгенографическую пленку); вызывать различные (в зависимости от дозы) изменения в органах и тканях; передавая энергию излучения атомам и молекулам (ионизирующий эффект). Закономерности рентгеновского тенеобразования изучает скиалогия. Разнообразие интенсивности и контурности рентгеновского изображения зависит от формы, структуры, размеров изучаемого объекта, плоскости проекции, фокусного расстояния, свойств рентгеновского излучения, а также других причин, без учета которых правильное трактование рентгеновского изображения становится затруднительным или невозможным.

Общим требованием в скиалогии является выявление наибольшего числа доступных изучению деталей светотеней. Техническое качество рентгенограммы определяется прежде всего плотностью почернения пленки, резкостью и контрастностью изображения.

Техническую базу рентгенологии составляет большой арсенал различных механических, электротехнических, электронных и других устройств и средств. Сюда относятся рентгеновский излучатель и приемники лучистой энергии, питающие устройства рентгеновского аппарата и дополнительные приспособления к нему для исследования животных, сам рентгеновский аппарат и оборудование для его эксплуатации.

Рентгеновское излучение — один из видов ионизирующего излучения, которое в больших дозах может вызвать необратимые изменения в организме человека. Поэтому требования безопасности при проведении рентгенографических исследований достаточно строги. Они определены рядом документов, выполнение которых обязательно, а нарушение ведет к строгой ответственности. Проверка соблюдения норм радиационной безопасности и разрешения на работу рентгеновских лабораторий дает санэпидемстанция района или города, в котором расположен рентгенкабинет.

Представленный в учебном пособии материал способствует формированию у студентов следующих компетенций: ОК-1, ОК-3, ОПК-3, ПК-2, ПК-4, ПК-21, ПК-22, . ПК-23.

Лабораторно-практическое занятие 1

Типы рентгеновских аппаратов, их составные части, устройство рентгеновской трубки

Рентгеновские лучи возникают при бомбардировке быстрыми электронами твердых мишеней. Рентгеновская трубка (рис. 1) представляет собой evacuated баллон с несколькими электродами. Нагреваемый током катод (К) служит источником свободных электронов, испускаемых вследствие термоэлектронной эмиссии. Цилиндрический электрод (Ц) предназначен для фокусировки электронного пучка. Мишенью является анод (А), который называют также антикатодом. Его делают из тяжелых металлов (W, Cu, Pt).

Ускорение электронов осуществляется высоким напряжением, создаваемым между катодом и антикатодом. Почти вся энергия электронов выделяется на антикатоде в виде тепла (в излучение превращается лишь 1 - 3 % энергии). Поэтому в мощных трубках антикатод приходится интенсивно охлаждать. С этой целью в теле антикатада делали каналы, по которым циркулировала охлаждающая жидкость (вода или масло).

При создании между катодом и антикатодом напряжения, электроны разгоняются, а попав в вещество антикатада, испытывают сильное торможение и становятся источником электромагнитных волн. Это излучение называется тормозным, а потери энергии частицы на тормозное излучение - радиационными.

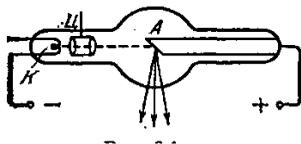


Рис. 1. Схема устройства рентгеновской трубки

Мощность излучения пропорциональна квадрату заряда электрона и квадрату его ускорения. Заметное излучение может наблюдаться лишь при резком торможении быстрых электронов. На рентгеновские трубки подается напряжение до 50-60 кВ. Пройдя такую разность потенциалов, электрон приобретает скорость, равную 0,4 скорости света. Малая длина волны и высокая энергия ("жесткость"), присущие рентгеновским лучам, обуславливают их основные свойства: а) высокую проникающую способность; б) способность вызывать ионизацию вещества, через которое они проходят. Поглощение рентгеновских лучей, сопровождающееся переходом их энергии во внутреннюю энергию вещества, в значительной степени зависит от атомного номера вещества. Так, поглощение рентгеновских лучей фосфорнокислым кальцием (кости) в 150 раз больше, чем водой (мягкие ткани).

Рентгеновская аппаратура

Общие сведения

Развитие любой науки связано с ее материально-технической базой. В особенности это относится к рентгенологии, стоящей на стыке физики, техники и биологии. Отечественная ветеринарная рентгенология своим становлением и развитием обязана медицинской рентгеновской аппаратуре. Практически все рентгенологические исследования животных проводились с помощью стационарных, палатных и переносных рентгенаппаратов, выпускаемых промышленностью для медицинских целей. Да и в настоящее время медицинские аппараты продолжают оставаться основной технической базой ветеринарных рентгеновских кабинетов. А при исследовании мелких животных они в равной мере удобны, как и при исследовании человека.

Рентгеновские аппараты представляют собой обширный класс технических устройств, объединенных общей задачей — получать рентгеновские лучи. По назначению они делятся на

две большие группы: *медицинского* и *технического* использования. Аппараты медицинского назначения могут быть *диагностические* и *терапевтические*; а в технике - аппараты для просвечивания материалов, для рентгеноструктурного анализа и для рентгеноспектрального анализа.

Следует отметить, что по ряду обстоятельств ветеринарно-медицинского обслуживания животных в современной ветеринарной науке и практике рентгенотерапия носит экспериментальный характер и широкого практического применения не имеет. Поэтому в дальнейшем при рассмотрении технических и специальных вопросов ветеринарной рентгенологии мы будем иметь в виду именно рентгенодиагностику.

Диагностические рентгеновские аппараты выпускаются двух основных типов: кабельные аппараты и блок-аппараты.

Кабельные аппараты имеют два высоковольтных блока: *генераторное устройство* с высоковольтным трансформатором и выпрямителем и *защитный кожух* с рентгеновской трубкой, соединенные *высоковольтными кабелями*.

Блок-аппараты все высоковольтные части содержат в одном узле, называемом *блок-трансформатором* или *моноблоком*. В нем находятся высоковольтный и накальный трансформаторы и рентгеновская трубка.

По массе, габаритам, подвижности, мощности и техническим возможностям медицинские диагностические аппараты, используемые и в ветеринарии, делятся на три группы: стационарные, передвижные и переносные.

Рентгеновский кабинет и его оборудование

Министерством здравоохранения в 2003 г. введены в действие «Санитарные правила и нормативы «Гигиенические требования к устройству и эксплуатации рентгеновских кабинетов, аппаратов и проведению рентгенологических исследова-

ний» (СанПиН 2.6.1. 1192 - 03), утвержденные Главным государственным санитарным врачом РФ. Эти правила распространяются на проектирование, строительство и реконструкцию рентгенодиагностических и рентгенотерапевтических кабинетов независимо от их ведомственной принадлежности. Контроль за соблюдением их возложен на радиологические отделения местных органов Госсанэпиднадзора.

Указанные правила относятся и к ветеринарным рентгеновским кабинетам. Организация ветеринарного рентгеновского кабинета проводится с учетом его назначения и вида рентгеновской аппаратуры. В зависимости от вида диагностического рентгеновского аппарата (стационарный, палатный или переносный) и определяются основные требования к устройству кабинета.

В ветеринарном рентгеновском кабинете желательно иметь следующие помещения: процедурную, фотолабораторию, пультовую, комнату обслуживающего персонала и рентгенологический музей. Но желаемое не всегда выполнимо в действительности. При всем дефиците имеющихся площадей две основные комнаты в кабинете должны быть обязательно — это процедурная и фотолаборатория. Без них рентгеновский кабинет функционировать не может.

Процедурная

Процедурная комната представляет собой помещение, где проводятся все исследования, возможные на имеющихся рентгеновских аппаратах. Основные требования к процедурной — достаточно большая площадь для размещения аппаратуры и необходимой свободы при исследовании крупного животного. Кроме того, в рентгенкабинете могут проводиться учебные занятия, поэтому площадь процедурной должна быть просторной и рассчитана на эту работу.

Если есть стационарный рентгеновский аппарат, процедурная для исследований животных должна иметь не менее 30 кв. м. Стены процедурной должны быть капитальными, при необходимости на высоту 1,5—2 м покрывают рентгенозащитным материалом (специальная баритовая штукатурка, листовая свинец, просвинцованная резина и пр.); двери им покрывают обязательно. Все красят масляной краской не светлых тонов. Пол из соображений электрической безопасности желательно иметь деревянный; **если он цементный, то настилают резиновые коврики**, красят масляной краской или покрывают линолеумом.

В кабинете должен быть установлен сетевой щиток, к которому подводится силовая электролиния, а сам щиток надежно заземляется. Нужно предусмотреть установку принудительной приточно-вытяжной вентиляции, а также наличие водопровода и канализации. Окна должны иметь надежное затемнение, а в процедурной требуется основное и дежурное освещение; полумрак дежурного освещения необходим для подготовки глаз исследователя к проведению рентгеноскопии.

В процедурной ветеринарного рентгеновского кабинета должно быть следующее оборудование:

- рентгеновский аппарат;
- средства радиационной защиты (защитные ширмы, фартуки и перчатки из просвинцованной резины, свинцовые стекла и пр.);
- фиксационные и другие приспособления для исследования животных;
- дополнительное оборудование (негатоскоп для просмотра рентгеновских снимков, шкафы для домашней и спецодежды, рабочий стол рентгенолога, противопожарные средства) и многое другое, что можно приобрести в магазинах «Медтехника» или изготовить самому.

На наружной стороне входной двери или рядом на стене

должны быть установлены табличка с названием кабинета, фонарь с электролампой и красным стеклом, на котором высвечивается надпись «не входить», а также знак радиационной опасности и другие указатели.

Кроме того, на стенах процедурной можно повесить световые витрины, на которых поместить рентгеновские снимки, содержащие наиболее интересные изображения.

Фотолаборатория

Основное оборудование фотолаборатории:

- рентгенозащитные со стороны процедурной стены и дверь;
- надежное затемнение;
- рабочие столы и фонари красного цвета;
- шкаф и полки для хранения рентгеновской пленки, рентгенограмм архивного материала, фотореактивов, химикалий и посуды.

В лаборатории достаточно иметь два рабочих стола: «сухой» и «мокрый». На «сухом» развешиваем химикалии, готовим реактивы и заряжаем кассеты пленкой. «Мокрый» стол имеет три места: слева находится кювета с проявителем и над ней на стене фонарь темно-красного цвета; в центре расположена раковина водопровода с канализацией, в которой установлена кювета для ополаскивания и промывки рентгенограмм; справа находится кювета с фиксажем, а над ней фонарь красного цвета. При возможности в фотолаборатории устанавливается бак или машина для обработки заснятой рентгеновской пленки. Нередко здесь же находится пульт управления стационарного рентгеновского аппарата.

Существенная деталь рентгеновского кабинета и письменное доказательство работы в нем - *регистрационный жур-*

нал. Его нужно вести обязательно и на подробных записях время не экономить. Оформление журнала - дело вкуса и опыта врача-рентгенолога, в то же время оно должно быть максимально унифицировано. Но в любом случае в нем должны быть следующие графы:

- дата (число, месяц, год);
- вид исследования (снимки, просвечивание и пр.);
- порядковый номер рентгенограммы, позволяющий четко вести архив и при необходимости впоследствии быстро найти нужный снимок;
- вид, пол, возраст животного;
- краткие анамнестические данные и предварительный клинический диагноз;
- основные клинические признаки, полученные самим рентгенологом в процессе предварительного исследования животного;
- краткое описание рентгенологической картины (на рентгенограмме, экране или других носителях изображения) и *заключение - рентгенологический диагноз.*

При рентгенографии необходимо пользоваться нумератором снимков, который приобретают в «Медтехнике» или изготавливают сами. На высушенной рентгенограмме можно делать записи карандашом или лепить наклейки с нужной информацией.

Рентгеновская трубка

Генератором рентгеновских лучей, их излучателем является специальный электровакуумный прибор, называемый **рентгеновской трубкой**. Он преобразует электрическую энергию в тепловую и энергию коротковолнового электромагнитного излучения.

Рентгеновская трубка устроена по принципу двухэлектродной электронной лампы (диода) — *стеклянный баллон* с высокой степенью разряджения (до 10^{-7} мм рт. ст.) в котором располо-

жены два электрода: *катод* и *анод* (рис. 2). Катод — это вольфрамовая спираль, расположенная в металлическом колпачке, представляющем собой *фокусирующее устройство*. Анод рентгеновского излучателя выполняется в виде массивного медного стержня. Поверхность анода, обращенная к катоду и скошенная под углом 18—20° в сторону выхода лучей, называется *зеркалом анода*. Поскольку во время работы трубки анод сильно нагревается (до 2000°С), на рабочей поверхности зеркала монтируется пластинка из тугоплавкого металла, обычно из вольфрама. Место торможения электронов, летящих от катода, т.е. место генерирования рентгеновских лучей на зеркале анода, называется *фокусом рентгеновской трубки*. Различают действительный (истинный) и оптический (эффективный) фокусы трубки.

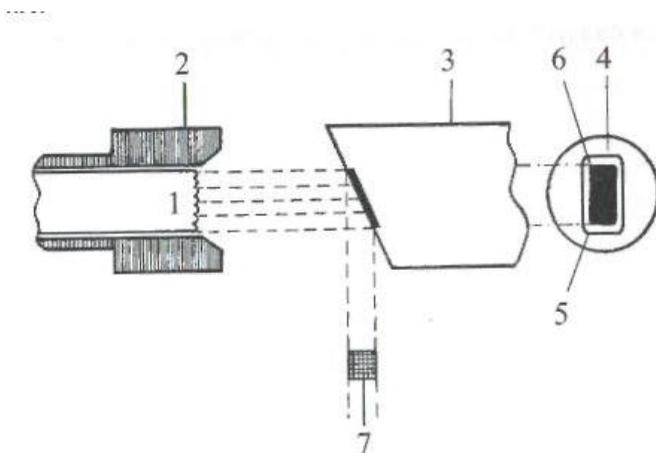


Рис. 2. Схема рентгеновской трубки: 1 — спираль катода; 2 - фокусирующее устройство; 3 - анод; 4 — зеркало анода; 5 — вольфрамовая пластинка; 6— действительный фокус; 7 — оптический фокус

Действительный, или истинный фокус соответствует прямоугольной площадке анода, бомбардируемой электронами. На ее поверхности возникают рентгеновские лучи, которые распространяются практически во все стороны.

Оптический, или эффективный фокус представляет собой проекцию истинного фокуса в направлении снимаемого объекта по ходу центрального пучка лучей. Он меньше действительного фокуса и от его величины зависят геометрические качества рентгеновского изображения. Как будет показано далее, чем меньше площадь эффективного фокуса, тем более четкое изображение деталей снимка мы получаем.

В настоящее время многие рентгеновские трубки изготовляют с двумя спиралями катода — малой и большой. Следовательно, на аноде получается два фокуса, поэтому трубки называются *двухфокусными*. Использование двух фокусов дает возможность дифференцированно подходить к получению рентгеновского изображения в зависимости от конкретных условий и задач исследования.

В условиях практической рентгенологической работы мы нередко имеем дело с довольно крупными объектами. Это значит, что нам нужны жесткие лучи, обладающие большой проникающей способностью. Кроме того, при исследовании животных необходимо большое количество рентгеновских лучей за короткое время, т.е. значительная интенсивность. То и другое мы можем получить при больших значениях высокого напряжения и тока трубки.

Сильное нагревание фокуса рентгеновских трубок с неподвижным анодом значительно ограничивает их мощность. Стремление иметь трубки с малым фокусом и значительной мощностью привело к созданию трубок с вращающимся анодом (рис. 3).

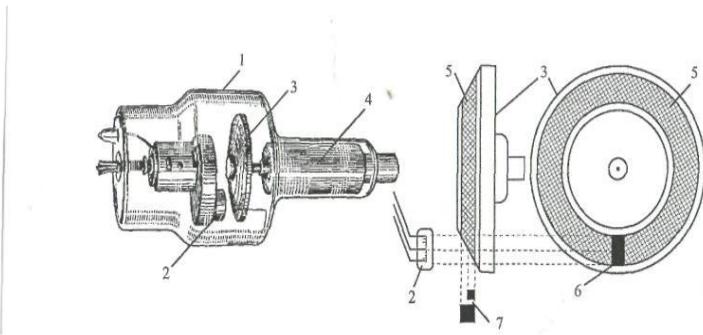


Рис. 3. Схема двухфокусной рентгеновской трубки с вращающимся анодом:

- 1 — стеклянный баллон; 2 — катод с двумя спиралями;
 3 — вращающийся анод; 4 — ротор; 5 - зеркало анода; 6 - действительные фокусы; 7 — эффективные большой и малый фокусы

Анод трубки имеет форму диска диаметром 8—10 см и толщиной 0,5 см. На стержне диска укреплен ротор, который приводится во вращение статором электродвигателя, расположенного вне стеклянного баллона. Скорость вращения анода достигает 3000 оборотов в минуту и более. При этом действительный фокус трубки за один поворот анода создает на зеркале дорожку, в то время как размеры оптического (эффективного) фокуса остаются неизменными. Благодаря вращению анода выделяемое тепло распределяется по всей поверхности зеркала, что позволяет без ущерба для трубки увеличить нагрузку на единицу площади анода.

Рентгеновские трубки, применяемые в медицине, классифицируются: 1) по назначению — диагностические и терапевтические; 2) по мощности - от 0,2 до 10 и более киловатт; 3) по числу фокусов - одно- и двухфокусные; 4) по конструкции анода - с неподвижным и вращающимся анодом; 5) по способу охлаждения —

с водяным, масляным, воздушным, лучеиспускательным и комбинированным охлаждением. Поэтому любая рентгеновская трубка имеет определенное обозначение.

Первая цифра означает номинальную мощность в киловаттах;

следующие буквы указывают на род защиты, назначение трубки и вид охлаждения; затем идут цифры, характеризующие номер модели и предельно допустимое высокое напряжение.

Например, наименование трубки **1,6БДМ9-90** означает:

мощность 1,6 кВт,

Б - использование в защитном безопасном кожухе (безопасная),

Д — диагностическая,

М - масляное охлаждение,

модель 9,

высокое напряжение до 90 кВ.

Или **6-10 БД8-125**:

двухфокусная трубка с мощностью 6 и 10 кВт,

безопасная,

диагностическая,

охлаждение лучеиспусканием, (отсутствие буквы вида охлаждения после Д указывает, что охлаждение осуществляется лучеиспусканием),

модель 8,

напряжение 125 кВт.

При эксплуатации рентгеновская трубка помещается в **защитный кожух**, который изнутри покрыт листовым свинцом (кроме выходного окна) и залит трансформаторным маслом. Излучение, возникающее на аноде и распространяющееся во все стороны, поглощается слоем свинца, кроме направления в сторону окна. Трансформаторное масло играет роль охладителя трубки и высоко-

вольтного изолятора. Таким образом, заземленный защитный кожух обеспечивает радиационную защиту и электрическую безопасность работы.

Перед эксплуатацией новой рентгеновской трубки или после длительного хранения старой ее нужно проверить на целостность спирали и на вакуум. В последнем случае берут трубку в защитном кожухе, размыкают цепь накала, чтобы спираль не горела, и подают высокое напряжение. Оптимальный результат проверки - в трубке ничего не видно и стрелка миллиамперметра стоит на месте. Если в трубке наблюдается кратковременное зеленовато-голубоватое свечение, подергивание стрелки измерительного прибора или проскакивание искры между катодом и анодом, это значит, что трубка находится в состоянии исправимого нарушения вакуума. Такую трубку необходимо тренировать. Методика тренировки дана в инструкции к рентгеновскому аппарату.

Признаками неисправимого нарушения вакуума являются интенсивное красновато-фиолетовое свечение в трубке, зашкаливание стрелки миллиамперметра, возникновение электрического разряда между электродами в виде короны или дуги, сопровождающееся треском. Такая трубка подлежит списанию.

Вообще-то вопросами эксплуатационного состояния рентгеновской аппаратуры и ее частей занимается специальная служба «Медтехники». Но ветеринарный рентгенолог, работающий обычно без обслуживающего персонала, сам вникает в рентгентехнические вопросы и способен решать возникшие проблемы, внимательно изучив техническое описание и инструкцию по эксплуатации. Сказанное относится в первую очередь к ветврачу, ведущему частную практику, так как заключение договора с «Медтехникой» на обслуживание рентгеновского аппарата — довольно дорогостоящее мероприятие.

Портативные рентгеновские аппараты

Портативный рентген – это современный аппарат для просвечивания икс-лучами, предназначенный для использования, как в условиях стационара, так и при выездном обслуживании.

Главная особенность **переносного рентгена** – возможность использования со штативом – или без него. Т.е для сканирования пациента достаточно самого аппарат, детектора и ноутбука с соответствующим ПО (программным обеспечением). Это позволяет снизить требования к положению тела обследуемого и сделать процесс рентгенографии более гибким, что очень важно для применения в экстремальных ситуациях или при обследовании неподвижных больных. При работе со штативом аппарат может вращаться на 360 градусов и делать снимки под разными углами, что позволяет получить проекцию любых участков тела с высокой точностью отображения. Кроме того, **портативным рентгеном** можно обслуживать сразу 2 или 3 рабочих места за счет длины шнура и возможности изменять угол наклона.

Портативные модели DIG-360, DM-100P, EPX-F2800 и EPX-F3200

Наиболее эффективны в практическом применении такие модели, как DIG-360 и DM-100P (корейский производитель – «Dongmun», на рынке России успешно функционирует с 2006 года) и EPX-F2800 и EPX-F3200 (корейский производитель «Ecotron»). Особенно результативно эти аппараты взаимодействуют с переносными панелями DMC-12DR и DMC-17DR, («Dongmun»), выводящими изображение на экран ноутбука за считанные секунды.

Общий вес системы не превышает 12-20 килограммов. Скачки напряжения, которые легко могут случиться в полевых условиях, не нарушат ритм работы **переносного рентгена** за счет автоматической системы стабилизации.

В основе всех аппаратов производителей «Dongmun» и «Ecotron» лежат рентгеновские трубки TOSHIBA, что увеличивает работоспособность всей системы по сравнению с отечественными аналогами.

Для получения снимков подходят кассеты всех типов, в том числе с усиливающими экранами и цифральные кассеты.

Переносной рентгеновский аппарат DM-100P (Dongmun)



Характеристики:

- Выходная мощность 1,8 кВ
- Диапазон изменения анодного напряжения: 60...100 кВ
- Диапазон тока: 10...30 мА
- Диапазон мАс: 0,3...150 мАс
- Источник питания: однофазная сеть 220...240В, 50/60Гц
- Максимальное потребление тока: 15 А
- Память на 8 фиксированных режимов съемки
- Инвертор дисплея
- Измеритель расстояния до объекта съемки
- Рентгеновская трубка: TOSHIBA D-183В
- Размер фокусного пятна: 1,8 x 1,8 мм
- Габариты: 230 x 175 x 225 мм
- Вес: 18 кг

Переносной рентгеновский аппарат DIG-360 (Dongmun)



Характеристики:

- Выходная мощность 2,4 кВт
- Диапазон изменения анодного напряжения: 40...100 кВ
- Диапазон тока: 16...35 мА
- Диапазон мАс: 0,4...100 мАс
- Источник питания: однофазная сеть 220...240В, 50/60Гц
- Максимальное потребление тока: 15 А
- Память на 8 фиксированных режимов съемки
- Инвертор дисплея
- Измеритель расстояния до объекта съемки
- Индикация: светодиодная
- Рентгеновская трубка: TOSHIBA D-124
- Размер фокусного пятна: 1,2 x 1,2 мм
- Габариты: 460 x 250 x 200 мм
- Вес: 12 кг

Переносной рентгеновский аппарат EPX-F2800 (Ecotron) -
(экотрон)



Характеристики:

- Выходная мощность: 2,8 кВт
- Диапазон изменения анодного напряжения: 40...120 кВ
- Диапазон тока: 12...40 мА
- Диапазон мАс: 0,4...100 мАс
- Источник питания: однофазная сеть напряжением 220...240 В, 50/60 Гц
- Максимальное потребление тока: 15 А
- Память на 8 фиксированных режимов съемки
- Инвертор дисплея
- Измеритель расстояния до объекта съемки
- Индикация: светодиодная
- Рентгеновская трубка: TOSHIBA D-125
- Размер фокусного пятна: 1,2 x 1,2 мм
- Габариты: 460 x 250 x 200 мм
- Вес: 10 кг

Переносной рентгеновский аппарат EPX-F3200 (Ecotron) -
(экоэлектрон)



Характеристики:

- Выходная мощность: 3,2 кВт
- Диапазон изменения анодного напряжения: 40...100 кВ
- Диапазон тока: 25...60 мА
- Диапазон мАс: 0,4...100 мАс
- Источник питания: однофазная сеть напряжением 220...240В, 50/60 Гц
- Максимальное потребление тока: 15 А
- Память на 8 фиксированных режимов съемки
- Инвертор дисплея
- Измеритель расстояния до объекта съемки
- Индикация: светодиодная
- Рентгеновская трубка: TOSHIBA D-205B
- Размер фокусного пятна: 2,0 x 2,0 мм
- Габариты: 460 x 250 x 200 мм
- Вес: 11 кг

Портативная цифровая панель

Кроме относительно легкого веса (в пределах 5 кг), и небольших габаритов **портативная цифровая панель** обладает еще одним важным для использования на выездных работах качеством: хранение аппарата возможно при температуре от минус 20 до плюс 60°C и влажности воздуха в от 10 до 90% (без

образования конденсата), а эксплуатация возможна при температуре воздуха от 10 до 35°C при влажности не выше 75%.

Имеются **портативные цифровые панели** корейского производителя «**DONGMUN Co., Ltd., SOYEE Product, Inc.**». **Две самых востребованных модели** – DMC-12DR и DMC-17DR. Это плоский цифровой рентгеновский преобразователь 10x12 или 17x17 весом 3 – 4 кг. В рентгенографическую систему входят также программное обеспечение WXP/DMC, ноутбук Toshiba Qosmio или аналог, рентгеноскопический аппарат DIG-360. Можно 3 часа работать в автономном режиме.

Портативная цифровая панель DMC-12DR и DMC-17DR



Описание:

- Цифровой детектор
- Тип датчика: TFT дисплей на основе аморфного кремния
- Преобразователь рентгеновских лучей: сцинтилятор CsI (TI)
- Размеры: 422 x 403 x 22 мм (500 x 497 x 45 мм)
- Вес: 13,4 кг
- Плотность пикселей: 0,127 мм (0,143 мм)
- Активный массив точек: 2080x2560 пикселей (3072x3072 пикселей)
- Разрешение: 14 бит

- Динамический диапазон: > 73 дБ
- Функция модулирования передачи: RQA51
- 20%/3 пар линий/мм
- Пороговая квантовая эффективность RQA5, 2Gy2
- 60% / 0 пар линий/мм
- Энергетический диапазон: 40...120 кВ (40...150 кВ)
- Задержка изображения: <0,03% (через 10 сек.)
- Время предварительного просмотра: 4 сек. после рентгеновского исследования
- Вывод данных: локальная сеть 100 Мбит/с
- Напряжение: 115... 230 В, 50/60Гц
- Расход энергии: макс. 0,5 А, 220 В
- Производительность: 20 снимков в час

Вопросы для самоконтроля м

- 1 Как возникают рентгеновские тормозные лучи?
- 2 Почему анод в рентгеновских трубках нужно было охлаждать?
- 3 Какие основные свойства рентгеновских лучей?
- 4 На какие две группы по назначению делятся рентгеновские аппараты?
- 5 Какие типы диагностических рентгеновских аппаратов выпускаются?
- 6 На какие группы делятся медицинские диагностические аппараты, используемые и в ветеринарии по массе, габаритам, подвижности, мощности и техническим возможностям?
- 7 Какие помещения желательно иметь в ветеринарном рентгеновском кабинете и требования к ним.
- 8 Какая часть рентгеновского аппарата является генератором рентгеновских лучей и из каких частей состоит?
- 9 Что является главной особенностью портативного рентгеновского аппарата?

Лабораторно-практическое занятие 2, 3

Схема проведения рентгеновского исследования, технические параметры (интенсивность, выдержка, экспозиция, жесткость) исследования. Факторы, влияющие на выбор экспозиции

Схема проведения рентгеновского исследования. Каждое рентгенографическое исследование состоит из нескольких последовательных этапов.

1. Подготовительный. В этот этап входит ознакомление с направлением на рентгеновское исследование, оформление документации, выбор кассет нужных размеров и их зарядка, выбор технических параметров исследования (интенсивность излучения, напряжение, экспозиция, выдержка) и установление технических условий съёмки на пульте управления рентгеновского аппарата.

2. Фиксирование животного, размещение кассеты, центрация и ограничение рабочего пучка излучений в строгом соответствии с размерами исследуемой области (лица, фиксирующие животное должны быть в защитном просвинцованном фартуке, перчатках).

3. Съёмка.

4. Фотохимическая обработка рентгеновской плёнки, оценка качества, сушка, маркировка снимка, читка, написание протокола рентгеновского исследования и постановка рентгеновского заключения.

Для получения качественного рентгеновского изображения необходимо строго соблюдать все технические условия рентгенографии: напряжение на трубке, основные параметры рентгенографической плёнки и усиливающих экранов, наличие и эффективность отсеивающих решеток, расстояние между тубусом

трубки и пленкой, толщину фильтров, режим фотографической обработки пленки и другие условия. В практической работе перечисленные факторы нередко меняются. Поэтому необходимо знать влияние, каждого из них на формирование рентгеновского изображения и уметь рассчитывать экспозицию, необходимую в новых условиях.

Интенсивность - *количественная* характеристика рентгеновского излучения, которая определяется как количество лучей, испускаемых трубкой в единицу времени.

Если упрощенно представить, что каждый электрон создает на аноде один квант излучения, то очевиден вывод: чем больше будет электронов, тем больше будет и лучей. Следовательно, вопрос об изменении интенсивности рентгеновского излучения решается через регулирование количества электронов, летящих от катода к аноду. А регулировать поток электронов можно двумя путями: изменением высокого напряжения на трубке и изменением накала спирали катода.

Представим, что спираль нагрета до определенной температуры и к электродам трубки подведено некоторое высокое напряжение. Часть электронов будет отброшена от катода и образует на аноде соответствующее количество рентгеновских лучей. Если увеличить напряжение, то к аноду полетит уже больше электронов, следовательно, больше возникнет и лучей. Подобным образом количество летящих электронов, т. е. ток трубки, а значит, и количество квантов излучения можно увеличивать до тех пор, пока все электроны, вылетающие из спирали катода, не будут увлечены электрическим полем к аноду. При этом возникает так называемое *состояние насыщения*, когда дальнейшим увеличением высокого напряжения уже невозможно изменить интенсивность электронного потока. Такой способ изменения количества рентгеновских лучей в современной рентгеновской аппаратуре практически не применяется.

И другой путь: увеличим при данном высоком напряжении накал спирали трубки. Количество эмитируемых электронов в единицу времени сразу же возрастет, следовательно, возрастет и электронный поток, что приведет к увеличению количества рентгеновских лучей. Таким образом, при одном и том же напряжении можно получать различную его интенсивность, для чего просто необходимо изменить накал спирали катода. Подобная регулировка количества рентгеновских лучей применяется в большинстве современных рентгеновских аппаратов.

Поскольку количество рентгеновских лучей непосредственно зависит от величины потока электронов в трубке, а электронный поток есть электрический ток, то **интенсивность излучения измеряется в миллиамперах**; такова сила тока, протекающего через рентгеновскую трубку.

Интенсивность рентгеновского излучения можно рассчитать по формуле:

$$\Phi = K \times Z \times U^2 \times Y, \text{ где}$$

Φ - интенсивность рентгеновского излучения;

K – коэффициент пропорциональности ($K=10^{-9}$ Вт);

Z – атомный номер вещества анода;

U – напряжение (вольт);

Y – сила тока в рентгеновской трубке.

Интенсивность рентгеновского излучения прямо пропорционально силе тока, квадрату напряжения на трубке и атомному номеру вещества анода.

Жесткость рентгеновского излучения, определяющая его проникающую способность, является *качественной* характеристикой лучей. Регулируется она величиной высокого напряжения, подводимого к рентгеновской трубке. Чем больше разность потенциалов на электродах трубки, тем с большей силой электроны отталкиваются от катода и тем с большей скоростью летят к аноду; в полете они приобретают значительную кинетиче-

скую энергию и при торможении на аноде вызывают образование квантов рентгеновского излучения, обладающих большой проникающей способностью. Такова довольно простая логическая причинно-следственная цепочка принципа получения рентгеновских лучей различной жесткости.

Практически жесткость рентгеновских лучей измеряют величиной высокого напряжения на трубке - *киловольтами*. Подбор киловольт, т.е. той или иной проникающей способности лучей, производится в зависимости от величины и плотности исследуемого объекта.

Ориентировочная величина напряжения генерирования рентгеновского излучения может быть вычислена по формуле Лонгмора:

$$V = A + 2X, \text{ где}$$

V — искомое напряжение;

X — толщина исследуемой области в см;

A — постоянная величина для каждого объекта: *для костей и суставов взрослого человека — 27; органов грудной полости — 22; для костей и суставов детей — 22, органов грудной полости детей — 17.*

Так, например, при исследовании области бедра взрослого человека толщиной 25 см искомое напряжение составит — 77 кВ ($V = 27 + 50$).

На основании экспериментальных и клинических наблюдений сделан вывод о том, что рентгенографию различных анатомических областей человека целесообразно выполнять при четырех стандартных значениях напряжения на трубке: 42—44 кВ — плечо, предплечье, кисть, голень, стопа, кости носа; 60—63 кВ — турецкое седло, височная, решетчатая, верхнечелюстная, скуловая кости, нижняя челюсть, глазницы, зубы, шейные позвонки, верхние грудные позвонки в прямой проекции, ребра, грудина, лопатки, ключицы, гортань, плечевой и колен-

ный суставы, крестцово-подвздошные суставы, локтевое сращение, крестец, почки и мочевыводящие пути, желчный пузырь; 83—84 кВ — череп, придаточные пазухи носа, затылочная кость, нижнегрудные и поясничные позвонки, таз, тазобедренные суставы, бедро, органы грудной полости, желудочно-кишечный тракт; 115 кВ — легкие, сердце и крупные сосуды, обзорная рентгенография черепа и таза, пояснично-крестцовый отдел позвоночника, желудочно-кишечный тракт и другие полостные органы в условиях искусственного контрастирования при эффективности отсеивающей решетки не менее 1:10. При исследовании животных разных видов делают соответствующие поправки.

Выбор оптимального напряжения на трубке осуществляют исходя из многих условий, но если необходимо сократить выдержку, жесткость повышают. Пересчет экспозиции в этих случаях проводят с помощью специальных коэффициентов.

Таблица 1. Коэффициент пересчета экспозиции при изменении напряжения

Исходное напряжение, кВ	Новое напряжение в кВ								
	40	50	60	70	80	90	100	110	120
40	1,0	0,33	0,14	0,06	0,03 -	0,017	0,01	0,006	0,004
50	3,0	1,0	0,4	0,18	0,09	0,05	0,03	0,018	0,012
60	7,2	2,4	1,0	0,45	0,23	0,13	0,075	0,048	0,003
70	16,0	5,4	2,2	1,0	0,51	0,28	0,17	0,11	0,067
80	32,0	11,0	4,3	2,0	1,0-	0,57	0,33	0,21	0,13
90	55,0	18,0	7,5	3,4	1,75	1,0	0,58	0,37	0,23
100	95,0	32,0	14,0	6,0	3,0	1,7	1,0	0,64	0,41
110	150,0	50,0	20,0	9,3	4,7	2,7	1,6	1,0	0,64
120	230,0	77,0	32,0	14,5	7,3	4,2	2,4	1,6	1,0

В этой таблице на пересечении граф "исходное" и "новое" напряжение находят коэффициент пересчета экспозиций, который умножают на величину исходной экспозиции и таким образом определяют искомую экспозицию.

Выдержка - интервал времени, в течение которого участок чувствительного материала (рентгеновской плёнки) подвергается действию рентгеновского излучения. Одна из двух составляющих экспозиции. Выдержка измеряется в секундах и долях секунды.

Экспозиция - произведение интенсивности излучения на выдержку. Экспозиция измеряется в мА/сек (миллиампер/секунду). Одна и та же экспозиция может давать несколько различный эффект в зависимости от выдержки.

Правильность выбора экспозиции в период отработки режимов съёмки так же, как и выбора напряжения на трубке, может быть проверена при визуальном контроле за процессом проявления.

При недостаточной экспозиции изображение анатомических структур, особенно плотных или имеющих значительную толщину, возникает медленно. Хорошо прорабатываются лишь тонкие либо относительно мягкие детали. Например, при недостаточной экспозиции на боковой рентгенограмме черепа хорошо видны лишь кости носа. Изображение же костей свода черепа не проработано.

При нормальной экспозиции изображение возникает быстро (через 40—60 с), но завершается лишь к концу оптимального срока проявления (через 6—8 мин).

Для чрезмерной экспозиции характерны быстрое начало и очень быстрое завершение процесса проявления. К концу проявления на снимке, как правило, имеется значительная вуаль, снижающая качество снимка.

Необходимо иметь в виду, что относительно незначитель-

ные колебания экспозиции (до 30%) практически не отражаются на качестве рентгеновского изображения. И даже двойное увеличение или уменьшение интенсивности излучения (т. е. ошибка в 100%) не приводит к полной порче снимка. Поэтому, если вследствие ошибки в выборе условий рентгенограмма оказывается испорченной — переэкспонированной или недоэкспонированной (проявление должно осуществляться по времени), — то при повторной съемке экспозиция должна быть увеличена или уменьшена как минимум в 2,5—3 раза.

Факторы, влияющие на величину экспозиции

Как было сказано, экспозиция — это произведение величины анодного тока на выдержку (мА/сек). Во всех случаях при определении величины непосредственно самой экспозиции надо **стремиться максимально возможно сокращать выдержку за счет увеличения тока**, то есть, при рентгенографии в экспозиции дается предпочтение большей величине анодного тока и малой выдержке. В практических условиях, когда пациент поступает для повторной рентгенографии, желательно не изменять ни экспозицию, ни прочие условия рентгенографии. Если же, в силу каких-либо обстоятельств, приходится уменьшать экспозицию, то целесообразнее это делать за счет сокращения выдержки и соответствующего повышения напряжения на рентгеновской трубке.

При определении экспозиции также следует учитывать **изменяющуюся толщину исследуемой области тела животного**. Ориентировочно на каждый сантиметр увеличения толщины прибавляют 2 кВ напряжения или увеличивают экспозицию на 25%. Изменение толщины исследуемой области также влияет на величину расстояния между фокусом рентгеновской трубки и пленкой.

Наличие гипсовой повязки также влияет на величину экспозиции. При рентгенографии объекта в гипсовой повязке надо повышать напряжение на рентгеновской трубке на 10—15 кв или увеличивать экспозицию в три раза (первое предпочтительнее)

При выборе технических условий рентгенографии необходимо считаться с мощностью питающей электрической сети, так как работа на больших мощностях на рентгеновской трубке ограничивается величиной падения напряжения в сети. Падение напряжения в сети не должно превышать величины, указанной в паспорте рентгеновского аппарата. **Если же падение напряжения будет больше допустимого значения, то рентгеновские снимки, произведенные при больших мощностях на рентгеновской трубке, будут недоэкспонированы.** Включение высокого напряжения на рентгеновской трубке сопровождается падением напряжения в главной цепи рентгеновского аппарата, которое тем больше, чем больше величина анодного тока. Если к этому прибавить ненормальный режим работы кенотронов, то падение напряжения в главной цепи рентгеновского аппарата будет настолько велико, что рентгеновские снимки будут получаться со значительной недодержкой или вообще не получатся. **Признаком недокала кенотронов является внезапная значительная недодержка рентгеновских снимков.**

При выборе экспозиции также следует считаться с формой кривой напряжения рентгеновского аппарата. В связи с различной рентгеновской отдачей, величина которой зависит от формы кривой напряжения рентгеновского аппарата, выдержка должна выбираться более длительной при работе на полуволновом аппарате и более короткой (вдвое) — на шести-кенотронном и втрое — на 12-кенотронном. Под рентгеновской отдачей понимается отношение мощности дозы излучения дан-

ного аппарата к мощности дозы идеального аппарата с постоянным напряжением, принимаемой за единицу.

Рентгеновская трубка дает пучок, состоящий из рентгеновых лучей различной длины волны. Если такой неоднородный пучок, содержащий большое количество мягких лучей, не пропустить через фильтр, то мягкие лучи поглотятся в теле пациента, не достигнув рентгеновской пленки. Все диагностические аппараты должны обеспечивать общую фильтрацию излучения в рабочем пучке (в защитном кожухе, блок-трансформаторе и дополнительном фильтре). Излишняя фильтрация приводит к чрезмерному ослаблению интенсивности пучка рентгеновых лучей и лишает его той неоднородности, которая при рентгенографии полезна, так как обеспечивает наиболее выгодную контрастность рентгеновского изображения. При указанной фильтрации излучения происходит значительное поглощение длинноволновой части пучка рентгеновых лучей, пучок становится более однородным, жестким; биологическое действие такого пучка значительно снижается (в 2—3 раза). Обязательная фильтрация практически не влияет на технические условия рентгенографии. Ко всему вышеизложенному необходимо добавить, что при выборе экспозиции следует также учитывать и характер заболевания. Например, при эмфиземе легких, остеолитических процессах и т. д. экспозицию следует уменьшать, а при таких заболеваниях, как костный анкилоз, новообразование, воспалительные процессы, рубцово-мышечные изменения и т. д., экспозицию следует увеличивать. Уменьшение или увеличение экспозиции может колебаться в значительных пределах.

Вопросы для самоконтроля

1 Какие этапы входят в схему проведения рентгеновского исследования?

2 Дать характеристику техническим параметрам исследования:

- интенсивность излучения;
- напряжение (жёсткость);
- экспозиция;
- выдержка.

3 Как влияют на выбор экспозиции:

- выдержка;
- напряжение на рентгеновской трубке;
- толщина исследуемой области тела животного;
- наличие гипсовой повязки;
- мощность питающей электрической сети;
- форма кривой напряжения рентгеновского аппарата;
- качество фильтрации рабочего пучка;
- характер заболевания?

Лабораторно-практическое занятие 4

Факторы, влияющие на выбор технических условий

Искусство получения качественных рентгеновских снимков заключается в том, что в каждом отдельном случае надо правильно оценить степень ослабления первичного пучка рентгеновых лучей при прохождении их через исследуемый объект. Степень ослабления первичного излучения необходимо уметь правильно оценивать, потому что фотохимическое действие рентгеновых лучей определяется количеством энергии рентгеновского излучения, поглощенной эмульсионным слоем пленки. Для того, чтобы быстрее овладеть этим искусством, следует учиться анализировать и устранять допущенные ошибки, не оставлять без должного внимания даже незначительные погрешности при производстве рентгеновских снимков, а химико-фотографическую обработку экспонированной пленки производить только в стандартных условиях

— таково первое и наиболее важное методическое правило. На величину экспозиции влияет напряжение на трубке, чувствительность и контрастность пленки, расстояние между фокусом трубки и пленкой, форма кривой напряжения рентгеновского аппарата, фильтрация рентгеновского излучения, усиливающие экраны, мощность питающей электрической сети, рентгеновская решетка, толщина и плотность исследуемой области тела животного, характер заболевания и другие факторы.

Для получения более чёткой рентгеновской картины используют отсеивающие решетки. Неподвижная отсеивающая решетка рентгеновского аппарата, состоит из каркаса со встроенными в него тонкими свинцовыми пластинками, ориентированными ребрами по ходу первичного пучка излучения для отсеечения вторичного (паразитического) излучения.

По мере увеличения объема исследуемой области тела животного и напряжения на рентгеновской трубке происходит увеличение количества рассеянных лучей. Поэтому при рентгенографии объектов толщиной свыше 10 см, а также при работе на повышенных напряжениях используется рентгеновская решетка, которая «отсеивает» большое количество рассеянных рентгеновых лучей. Эффективность действия решетки зависит от отношения ширины промежутка между свинцовыми пластинами к их высоте и от напряжения на трубке. Например, рентгеновская решетка с отношением 1:6 поглощает при средних напряжениях на трубке 70% вторичного излучения, падающего на рентгеновскую пленку; рентгеновская решётка с отношением 1:10 поглощает 80% вторичного излучения и т. д. Наибольшее распространение получила рентгеновская решетка с отношением 1:6, которая входит в комплект любого стационарного рентгенодиагностического аппарата отечественного производства. Данная решетка рас-

считана для работы при расстоянии между фокусом рентгеновской трубки и пленкой, равном 100 см. Изменение указанного расстояния практически допустимо не более $\pm 20\%$

Рентгеновская решетка, кроме поглощения вторичного рентгеновского излучения, поглощает и экранирует часть первичного излучения, в результате чего интенсивность рентгеновского излучения на уровне пленки уменьшается. Если этого не учитывать и при рентгенографии с решеткой в экспозицию не вносить соответствующей поправки, то рентгеновские снимки будут недоэкспонированы. Для того, чтобы качество снимков не изменялось, при рентгенографии с решеткой следует повышать напряжение на рентгеновской трубке на 25% или увеличивать экспозицию в 2,5—3 раза (первое предпочтительнее). При этом качество, то есть, контрастность рентгеновского снимка, повышается.

Эффективность отсеивающей решетки характеризуется также отношением интенсивности вторичного излучения при съемке с отсеивающей решеткой к интенсивности вторичного излучения при съемке без решетки. Фактически эта величина указывает на то, во сколько раз данная решетка ослабляет вторичное излучение. Практический опыт показал, что при съемке лучами средней жесткости (70—80 кВ) рентгенограммы хорошего качества всех анатомических областей могут быть получены при использовании решеток с эффективностью 1:5 или 1:6. Однако с увеличением напряжения до 90—100 кВ и более необходимо пользоваться специальными решетками с эффективностью не менее чем 1:10. Отсутствие таких решеток заставляет отказаться от рентгенографии лучами повышенной жесткости. С учетом изложенного выбор оптимального напряжения на трубке может быть осуществлен несколькими способами. При съемке объектов толщиной до 2 см пользоваться напряжением, не превышающим 60 кВ, толщиной 2—6 см — до 70 кВ, толщиной

6—10 см и более — напряжением 70—100 кВ.

В период отработки физико-технических условий съемки правильность выбора жесткости рентгеновского излучения можно оценивать по особенностям течения процесса проявления снимка (при визуальном контроле), а также по некоторым характерным деталям готовой рентгенограммы.

При использовании **слишком мягкого рентгеновского излучения** и правильно выбранной экспозиции в процессе проявления сначала возникает изображение контуров мягких тканей, а затем контуров костей. Далее изображение мягких тканей "прорабатывается" и частично сливается с фоном. Наконец "прорабатывается" изображение структур кости. Мягкие снимки имеют бархатный черный фон. Костная структура хорошо видна лишь в тонких участках скелета» Изображение отделов костей, имеющих большую толщину, не «проработано», лишено деталей.

При оптимальной жесткости излучения последовательность перечисленных этапов менее выражена. При правильно выбранной жесткости рентгенограммы имеют темно-серый фон. Костная структура хорошо видна на всём протяжении исследуемого отдела скелета. Хорошо видны мягкие ткани, большое количество деталей изображения.

При получении снимков **с завышенным напряжением** на рентгеновской трубке все элементы изображения проявляются одновременно.

Для снимков, сделанных при завышенном напряжении на трубке, характерен серый фон. Теневых деталей много, но контрастность изображения низкая. Поэтому изображение мелких деталей нередко сливается с фоном, заметна вуаль.

Для выбора примерных экспозиции и жесткости при работе с мелкими животными можно пользоваться средними данными.

Таблица 2. Средние данные по выбору жесткости и экспозиции при рентгенографии собаки и кошки

Область снимка	Напряжение, кВольт		Экспозиция, мА/сек	
	собака	кошка	собака	кошка
1 Череп, общий обзор	50-60	60-65	28-50	20-30
2 Нижняя челюсть	60-67	50-58	18-24	12-18
3 Зубы	60-67	57-60	20-30	15-20.
4 Шейный отдел позвоночника	50-60	55-40	30-50	28-36
5 Грудной отдел позвоночника	55-65	57-63	35-65	28-35
6 Поясничной отдел позвоночника	55-65	57-63	35-65	28-35
7 Лопатка и плечевой сустав	56-60	65-70	35-55	30-40
8 Плечо:				
а) положение на боку;	52-60	50-58	35-50	10-15
б) положение на животе	62-70	60-65	28-35	20-25
9 Локтевой сустав:				
а) положение на. боку	60-65	62-65	20-58	20-25
б) положение на животе	60-65	62-65	25-30	23-30
10 Лучевая и локтевая кости	60-65	60-65	23-25	16-20
11 Запястье и запястный сустав	60-64	55-60	18-24	15-20
12 Пальцы стопы:				
а) положение на боку	58-62	55-60	18-20	15-18
б) положение на животе	60-64	55-60	15-13	12-15

13 Таз, боковое положение	52-65	55-60	35-65	30-35
Таз и тазобедренный сустав, положение на спине	50-60	60-64	35-60	20-30
14 Бедро:				
а) положение на боку	57-68	55-60	36-45	12-20
б) положение на спине	58-72	60-63	40-50	20-25
15 Коленный сустав:				
а) положение на боку	60-68	55-60	25-35	23-28
б) положение на животе	62-70	60-65	36-40	27-35
16 Большая и малая берцовая кости: а) положение боковое	58-62	55-60	25-30	16-18
б) положение на животе	60-64	55-60	25-30	20-22
17 Голеностопный сустав :				
а) боковое положение	50-60	48-55	18-25	15-20
б) положение на животе	55-65	52-60	22-30	20-25
18 Предплюсна:				
а) боковое положение	60-68	58-64	24-32	18-20
б) положение на животе	58-65	55-60	25-30	15-20
19 Конечность, общий обзор	58-66	60-65	18-25	15-20
20 Грудь (легкие):				
а) положение на боку	54-60	50-60	30-50	10-15
б) положение на спине	56-65	60-63	35-55	12-18
в) метод снимка жесткими лучами	95-105	-	10-12	-
21 Живот:				
а) положение на боку	52-60	50-60	35-60	30-50
б) положение на спине	54-65	60-65	35-65	35-50

Рентгеновская пленка

Выбор экспозиции также зависит от фотографических свойств рентгеновской пленки. Она состоит из прозрачной основы из триацетилцеллюлозы на которую с двух сторон нанесена светочувствительная эмульсия. Светочувствительные материалы, применяемые в медицине, служат для получения негативного изображения. Негативные фотографические материалы представляют собой чувствительный к лучистой энергии эмульсионный слой, который равномерно нанесен на прозрачную основу (подложку). Фотографическая эмульсия представляет собой водный раствор фотографической желатины с зернами галоидного серебра. При изготовлении рентгеновской пленки используется бромистое серебро. Величина светочувствительности любого фотографического материала зависит от величины зерен галоидного серебра. Чем крупнее зерна галоидного серебра, тем выше светочувствительность и наоборот.

На поверхности зерен галоидного серебра имеются так называемые центры чувствительности. Центры чувствительности — мельчайшие частицы сернистого и металлического серебра, которые образуются в процессе приготовления эмульсии. Благодаря центрам чувствительности зерна галоидного серебра становятся более чувствительными к свету, к рентгеновскому излучению. Чем больше центров чувствительности на поверхности зерен галоидного серебра, тем чувствительнее эти зерна к воздействию лучистой энергии. Центры чувствительности имеют ничтожную величину, но во время приготовления эмульсии некоторые из них увеличиваются до таких размеров, что делают микрокристалл проявляемым без экспонирования. В таком случае они становятся центрами вуалеобразования и играют отрицательную роль. Готовая эмульсия по весу содержит 40% галоидного серебра и 60% сухой желатины, при этом на каждый

квадратный метр негативного материала расходуется от 10 до 40 г серебра. При воздействии лучистой энергии на микрокристаллы бромистого серебра в местах нахождения центров чувствительности образуется скрытое (невидимое) изображение, которое представляет собою не что иное, как более или менее крупные скопления атомов серебра. Такие скопления серебра называются центрами проявления. Для превращения скрытого изображения в видимое экспонированный фотографический материал необходимо проявить. Превращение скрытого изображения в видимое при помощи проявляющих растворов называется процессом проявления.

При выборе технических условий рентгенографии следует обращать внимание на величину коэффициента контрастности рентгеновской пленки или, как еще говорят, гаммы пленки. Контрастность фотографического материала характеризуется относительным числом — коэффициентом контрастности, величина которого определяется с помощью сенситометрического бланка. Выбор напряжения на рентгеновской трубке зависит от коэффициента контрастности пленки. С изменением гаммы пленки напряжение на трубке следует соответственно изменять. Иначе говоря, величина напряжения на трубке и величина коэффициента контрастности пленки имеют обычную пропорциональную зависимость, что часто не учитывается в практических условиях.

Увеличение коэффициента контрастности, кроме повышения напряжения на рентгеновской трубке, расширяет возможности получения качественных снимков костей таза, поясничных позвонков, черепа, грудной клетки в боковой проекции, желудка и других «тяжелых» для рентгенографии объектов. При изменении напряжения на рентгеновской трубке, связанном с изменением коэффициента контрастности рентгеновской пленки, следует менять экспозицию. Однако не исключены случаи,

когда при понижении напряжения, связанном с уменьшением гаммы пленки, невозможно увеличить экспозицию (мала мощность рентгеновской трубки, мала мощность питающей электрической сети и др.) В таких случаях необходимо принимать все меры для сохранения контрастности изображения на рентгеновском снимке, а именно: особенно тщательно ограничивать в поперечнике рабочий пучок рентгеновых лучей до возможно меньших размеров, использовать рентгеновскую решетку, увеличивать расстояние фокус рентгеновской трубки — пленка и, главное, следить за качеством фотолабораторных работ.

Краткая характеристика отечественных рентгеновских пленок, применяемых в медицинской практике.

1. Тип РМ-1 — рентгеновская медицинская, экранная, средней чувствительности (не ниже 250 обратных рентген), коэффициент контрастности 2,7—3,0.

2. Тип РМ-2 — рентгеновская медицинская, экранная, высокой чувствительности (не ниже 350 обр. р.), коэффициент контрастности 3,0. Должна заменить тип РМ-1.

3. Тип РМ-4 — рентгеновская медицинская, безэкранная, средней чувствительности (без экранов 50 обр. р.), коэффициент контрастности 3,0. Идентичная технической пленке типа РТ-1.

4. Тип РМ-6 — рентгеновская медицинская, экранная (только в комбинации с экранами типа УС), сенсibilизированная — изохроматическая (проявление в темноте!), особовысокочувствительная (не ниже 1000 обр. р.), коэффициент контрастности 2,5.

Плотность фотографической вуали у всех типов пленок при выпуске не превышает 0,2, к концу срока хранения — не более 0,3. Фабрика гарантирует указанные ею фотографические свойства в течение 12 месяцев при условии правильного хранения и проявления пленки в условиях, указанных на этикетке. При несоблюдении этих условий величины чувствительности, коэффици-

циента контрастности и вуали меняются. При хранении пленок в нормальных условиях допускается понижение чувствительности и коэффициента контрастности примерно на 20%.

Выбор экспозиции зависит также от чувствительности рентгеновской пленки. Чувствительность — свойство светочувствительного слоя фотографического материала в большей или меньшей степени химически изменяться под действием лучистой энергии (света, рентгеновского излучения), в результате чего образуется скрытое изображение, превращаемое проявлением в видимое. Численно величина чувствительности рентгеновской пленки определяется графически с помощью сенситометрического бланка и выражается в «обратных рентгенах». **Чем выше чувствительность, тем меньшая доза рентгеновского излучения вызывает почернение рентгеновской пленки**, и, наоборот, чем меньше чувствительность, тем большая доза излучения вызывает почернение рентгеновской пленки. Следовательно, чувствительность рентгеновской пленки обратно пропорциональна дозе рентгеновского излучения, создающего на данном эмульсионном слое в результате проявления (или иной химико-фотографической обработки) заданный фотографический эффект. Например, если для получения заданной оптической плотности почернения рентгенографической пленки потребуется доза $1/400$ Р, то ее радиационная чувствительность составит 400 обратных рентген. Если же аналогичный фотографический эффект будет достигнут при дозе $1/600$ Р, чувствительность плёнки - 600 обратных рентген (R^{-1}). Следовательно, чем выше чувствительность, тем меньше доза, необходимая для достижения заданного почернения. Поэтому, при увеличении чувствительности рентгенографической пленки экспозицию уменьшают, а при уменьшении чувствительности увеличивают.

Для определения новой экспозиции необходимо величину исходной экспозиции умножить на исходную чувствительность

рентгенографической пленки и поделить на новую чувствительность. Например, исходная чувствительность пленки равна 600 Р, рентгенологический кабинет получил пленку с чувствительностью 400 Р, экспозиция при съемке бедренной кости была 40 мА/с» Новая экспозиция составит: $(40 \times 600) : 400 = 60 \text{ мА/с}$

Радиационная чувствительность пленки с течением времени (даже в пределах гарантийного срока хранения) снижается, поэтому если срок, прошедший после изготовления пленок, превышает 4 месяца, для получения заданного фотографического эффекта следует увеличивать экспозицию, пользуясь переходными коэффициентами.

Таблица 3. Коэффициенты пересчета экспозиций при использовании рентгенографической пленки с различными сроками изготовления

Время, прошедшее с момента изготовления пленки, мес	Переходный коэффициент
0-4	1,0
4-8	1,25
8-12	1,50
12 - 16	2,0
16-18	2,3

При выборе технических условий рентгенографии следует обращать внимание на **величину коэффициента контрастности рентгеновской пленки** или, как еще говорят, гаммы пленки. Контрастность фотографического материала характеризуется относительным числом — коэффициентом контрастности, величина которого определяется с помощью сенситометрического бланка. **Выбор напряжения на рентгеновской трубке зависит от коэффициента контрастности пленки.** С измене-

нием гаммы пленки напряжение на трубке следует соответственно изменять. Иначе говоря, **величина напряжения на трубке и величина коэффициента контрастности пленки имеют обычную пропорциональную зависимость**, что часто не учитывается в практических условиях. Предположим, что в двух коробках находится рентгеновская пленка с разными коэффициентами контрастности: в первой — 2,5, во второй — 2,0. Напряжение на рентгеновской трубке — 75 кв. При рентгенографии на неизменном напряжении качество снимков будет следующее:

1-й случай. Если на пленках из первой коробки изображение было нормальной контрастности, то на пленках из второй коробки оно будет малоконтрастным.

2-й случай. Если на пленках из второй коробки изображение было нормальной контрастности, то на пленках из первой коробки оно будет слишком контрастным.

Для того, чтобы контрастность изображения на снимках в обоих случаях не изменилась, напряжение на трубке следовало изменить в соответствии с коэффициентом контрастности пленки. При изменении коэффициента контрастности пленки величина напряжения на трубке определяется по формуле:

Искомое напряжение = исходное напряжение × (новый коэффициент контрастности/исходный коэффициент контрастности).

Увеличение коэффициента контрастности, кроме повышения напряжения на рентгеновской трубке, расширяет возможности получения качественных снимков костей таза, поясничных позвонков, черепа, грудной клетки в боковой проекции, желудка и других «тяжелых» для рентгенографии объектов. **При изменении напряжения на рентгеновской трубке, связанном с изменением коэффициента контрастности рентгеновской пленки, следует менять экспозицию.** Однако не исключены случаи, когда при понижении напряжения, связанном с умень-

шением гаммы пленки, невозможно увеличить экспозицию (мала мощность рентгеновской трубки, мала мощность питающей электрической сети и др.) В таких случаях необходимо принимать все меры для сохранения контрастности изображения на рентгеновском снимке, а именно:

- особенно тщательно ограничивать в поперечнике рабочий пучок рентгеновых лучей до возможно меньших размеров;
- использовать рентгеновскую решетку;
- увеличивать расстояние фокус рентгеновской трубки — пленка;
- следить за качеством фотолабораторных работ.

При рентгенографии в кассеты часто вкладывают усиливающие экраны

Усиливающие экраны состоят из плотного однородного картона, покрытого равномерным слоем мелких кристаллов вольфрамата кальция, сульфида цинка, барита свинца или сульфида кадмия. Эти вещества флюоресцируют под действием рентгеновских лучей. При рентгенографии с усиливающими экранами засвечивание пленки более чем на 90% происходит за счет светоотдачи флюоресцирующих экранов, что позволяет уменьшить экспозицию по сравнению с безэкранной рентгенографией в 20 и более раз.

Усиливающие экраны разных типов имеют и различную радиационную чувствительность. Поэтому при замене усиливающих экранов нужно менять и экспозицию, используя переходные коэффициенты (переходный коэффициент для вольфраматных экранов типа ЭУ-В2 ("стандарт") принимают за единицу.

Баритовые экраны (ЭУ-Б) целесообразно использовать при "жестких" снимках (90-110 кВ). Сульфидный экран ЭУ-С применяют только в комплекте с сенсibilизированной пленкой типа РМ-5.

Таблица 4. Переходные коэффициенты экспозиций для усиливающих экранов разных типов

Напряжение на трубке, кВ '	Тип усиливающих экранов и коэффициент экспозиций				
	ЭУ-В2	ЭУ-В1	ЭУ-В3	ЭУ-Б	ЭУ-С
40	I	I	0,7	0,8	0,3
50	I	I	0,65	0,75	0,3
60	I	I	0,6	0,7	0,3
70	I	I	0,6	0,65	0,3
80	I	I	0,6	0,6	0,3
90	I	I	0,6	0,55	0,35
100	I	I-	0,6	0,55	0,4
110	I	I	0,6	0,55	0,45

Московский химико-фармацевтический завод им. Н.А.Семашко выпускает пять типов усиливающих экранов, применяемых в медицинской практике: «Стандарт», УФДМ, ПРС, СБ и УС. Экраны типа «Стандарт» — кальций-вольфраматные, универсального применения. Используются во всем диапазоне практически применяемых напряжений на трубке. Выпускаются в виде комплектов, состоящих из двух экранов с примерно одинаковой навеской светосостава (60/60 мг/см²). Экраны типа УФДМ — кальций-вольфраматные, увеличенного фотографического действия, позволяют сократить время экспозиции в 1,5—2 раза по сравнению с экранами типа «Стандарт» без ухудшения качества изображения. Выпускаются в виде комплектов, состоящих из двух экранов с обозначением «передний» и «задний». Передний экран (с навеской 40 мг/см² — более тонкий) помещается между пленкой и дном кассеты, обращенным к источнику рентгеновского излучения. Задний экран (с навеской 160 мг/см²) прикрепляет-

ся к крышке кассеты. Экраны типа УФДМ рекомендуются во всех случаях, когда желательно уменьшение экспозиции при одновременном обеспечении высокого качества изображения, в частности для рентгенографии легких, для боковых снимков поясничного отдела позвоночника. Экраны типа ПРС — кальций-вольфраматные усиливающие экраны повышенной разрешающей способности, дают возможность улучшить (по сравнению с экранами «Стандарт») выявляемость деталей на изображениях неподвижных объектов небольшой толщины, то есть, при условии обеспечения достаточно малой динамической и геометрической нерезкости изображения. По усиливающему фотографическому действию не уступают экранам типа «Стандарт». Выпускаются в виде комплектов, состоящих из двух экранов с примерно одинаковой навеской светосостава. Рекомендуются главным образом для снимков конечностей, а также для работы при повышенных напряжениях на трубке.

Экраны типа СБ — свинцово-баритовые. Предназначены главным образом для применения при напряжениях на трубке 80—120 кВ (макс). В указанном диапазоне напряжений экраны СБ обладают наибольшей эффективностью, позволяя уменьшать экспозицию при рентгенографии сильно фильтрующих объектов примерно в 2 раза по сравнению с экранами «Стандарт», без ухудшения качества изображения. Выпускаются в виде комплектов, состоящих из двух экранов, с приблизительно равной навеской светосостава. Экраны типа СБ рекомендуются главным образом для рентгенографии желудочно-кишечного тракта, сердца и аорты (в частности, для рентгенокимографии сердца и крупных сосудов), поясничных позвонков. Экраны типа УС — цинк-кадмий-сульфидные усиливающие экраны в сочетании с сенсibilизированной (изохроматической) пленкой типа РМ-6 позволяют сократить экспозицию в 3—5 раз по сравнению с экранами типа «Стандарт», применяемыми с обычной оптиче-

ски несенсибилизированной рентгеновской пленкой. Вся работа с пленкой типа РМ-6 производится в полной темноте. Следует применять кассеты, совершенно не пропускающие видимого света. **При использовании кассет с дном из пластмассы, пропускающей красные и оранжевые лучи, следует между дном и передним экраном делать прокладку из двух листов плотной черной бумаги.** Экраны УС выпускаются в виде комплектов, состоящих из двух экранов (переднего и заднего) с неодинаковой навеской светосостава. Комбинацию экранов типа УС с пленкой РМ-6 рекомендуется применять в тех случаях, когда необходимо максимально уменьшить экспозицию, например при рентгенографии беременных женщин, при серийной ангиографии, при напряжениях на трубке не выше 90—100 кВ (макс.) При переходе от стандартных усиливающих экранов завода им. Семашко к экранам типа СБ, УФДМ и УС следует уменьшить время экспозиции, установленное для стандартных экранов, умножив его на коэффициент, соответствующий применяемому напряжению на рентгеновской трубке. Усиливающие экраны типа «Симультан-1» и «Симультан-2» предназначены для одномоментной (симультанной) томографии, то есть, для одновременного получения томограмм нескольких слоев объекта, расположенных на определенном расстоянии друг от друга. Они выпускаются в виде наборов из пяти комплектов. Экраны сбросировываются в «альбом» вместе с разделяющими их прокладками из крупнопористого пенопласта (поролон) толщиной 6 или 12 мм. Оба типа экранов применяются с обычной двусторонней рентгеновской пленкой. Фотографическое действие экранов подобрано так, чтобы при напряжении на трубке 75—85 кВ (макс.) на всех пяти пленках получалось практически одинаковое почернение. При этом экраны «Симультан-1» позволяют получить пять томограмм при дозе (токе через трубку), лишь в 1,8 раза превышающей дозу, необходимую для получения томо-

граммы одного слоя с применением усиливающих экранов типа «Стандарт». Экраны «Симультан-2» вообще не требуют увеличения дозы, позволяющей получать пять томограмм при тех же технических условиях, какие необходимы для получения одной томограммы при использовании экранов типа «Стандарт». Наборы «Симультан-1» применяется в тех случаях, когда от экранов требуется возможно большая разрешающая способность. Наборы «Симультан-2» применяются в тех случаях, когда на первый план выдвигается требование максимального снижения дозы излучения.

При рентгенографии с усиливающими экранами образование скрытого изображения на рентгеновской пленке в основном совершается за счет свечения экранов. Это следует учитывать и вносить соответствующую поправку в экспозицию при переходе на работу с безэкранной пленкой. Считается, что применение усиливающих экранов позволяет сократить экспозицию примерно в 20 раз. Применение усиливающих экранов, в свою очередь, дает возможность увеличить напряжение на рентгеновской трубке без заметного изменения качества рентгеновского изображения на рентгенограмме.

Усиливающие экраны должны плотно прилегать ко всей поверхности рентгеновской пленки. Для этого в случае необходимости под усиливающий экран на дне кассеты рекомендуется подкладывать однородный лист картона и постоянно следить за исправностью замков. Проверка плотности прилегания экранов к пленке производится с помощью металлической проволочной сетки с отверстиями около 3—5 мм. Сетку кладут на испытуемую кассету и производят рентгенографию. При этом сетка должна плотно прилегать ко всей поверхности кассеты. В тех местах, где экраны не плотно прилегают к пленке, изображение сетки на рентгеновском снимке получится с размытыми контурами, то есть, нерезкое. Если усиливающий экран или эластиче-

ская прокладка частично или полностью отклеились, то их следует немедленно приклеить. Усиливающие экраны должны быть чистыми, без надломов и без нарушения целостности поверхностного защитного слоя. В противном случае на рентгенограммах могут появиться артефакты (артефакты — это различной величины и формы полосы, штрихи, пятна и т.д., вызываемые, различными погрешностями техники выполнения снимков). Случайные пятна смываются с поверхности экранов влажной ваткой, слегка смоченной в мыльной воде, после чего их протирают досуха. Пыль с поверхности экранов удаляется мягкой плоской кистью.

Пленку, предназначенную для снимков с вольфраматными усиливающими экранами, можно проявлять и закреплять при темно-красной или желто-зелёной подсветке. Сенсибилизированную рентгенографическую и флюорографическую пленку, имеющих повышенную радиационную чувствительность, обрабатывают в полной темноте.

В рентгенологии существует правило: чем ближе к пленке находится исследуемый объект, тем короче может быть это расстояние; чем дальше — тем выгоднее большее расстояние. Малыми расстояниями фокус рентгеновской трубки — пленка увлекаться не следует, так как с уменьшением этого расстояния увеличивается лучевая нагрузка на кожу больного и, кроме того, ухудшается качество рентгеновского снимка за счет увеличения геометрической нерезкости. Выбор того или иного расстояния зависит от толщины исследуемого объекта, от мощности рентгеновской трубки и питающей электрической сети и от того, что требуется получить на рентгеновском снимке. **Это расстояние должно быть не меньше 5-кратной толщины исследуемого объекта.** Однако это не значит, что при рентгенографии, например, придаточных пазух носа расстояние фокус рентгеновской трубки — пленка должно быть 80— 100 см. При рентгенографии придаточных пазух носа необходимо на

снимке проекционно «размазать» изображение костей свода черепа, что возможно лишь при небольшом расстоянии фокус рентгеновской трубки — пленка. То же самое делается при рентгенографии надколенника в передней проекции, при рентгенографии, например, верхних шейных позвонков в прямой задней проекции, когда требуется проекционно «размазать» изображение костей, которые накладываются на основное изображение исследуемого объекта. Рентгенографию следует производить при двух-трех расстояниях между фокусом рентгеновской трубки и пленкой — 60 или 80 и 100 см. Расстояние в 60—80 см применяется при рентгенографии черепа без рентгеновской решетки; расстояние в 80—100 см — при рентгенографии черепа с рентгеновской решеткой, а также при рентгенографии костей и суставов конечностей; расстояние в 100 см и более — при рентгенографии туловища. Работа при двух-трех фиксированных расстояниях намного облегчает выбор экспозиции и, кроме того, дает возможность получать рентгеновские снимки с одинаковым проекционным увеличением отдельных деталей исследуемого объекта, что очень важно в диагностике.

Интенсивность рентгеновского излучения уменьшается пропорционально квадрату расстояния от источника их генерирования. Поэтому при изменении фокусного расстояния необходимо вносить поправку в экспозицию. Это следует делать по формуле:

$$\mathcal{E}_2 = \mathcal{E}_1 \times (p_2)^2/p_1, \text{ где}$$

\mathcal{E}_2 — новая экспозиция; \mathcal{E}_1 — исходная экспозиция; p_1 — исходное расстояние; p_2 — новое расстояние.

Вопросы для самоконтроля

1 Как влияют на выбор экспозиции:

- чувствительность и контрастность пленки;
- расстояние между фокусом трубки и пленкой;
- усиливающие экраны;

-рентгеновская отсеивающая решетка?

2 Как можно оценить правильность выбора жесткости рентгеновского излучения по особенностям течения процесса проявления снимка (при визуальном контроле)?

3 Из чего состоит рентгеновская плёнка?

4 Как рассчитать новое напряжение на трубке при смене плёнки с другим коэффициентом контрастности?

5 Как рассчитать новую экспозицию при смене плёнки с другой чувствительностью?

6 Во сколько раз применение усиливающих экранов позволяет сократить экспозицию и почему?

7 Как правильно выбрать расстояние фокус рентгеновской трубки — пленка в зависимости от толщины исследуемого объекта?

8 Как изменяется интенсивность рентгеновского излучения в зависимости от расстояния от источника их генерирования?

Лабораторно-практическое занятие 5

Методы защиты персонала рентгеновских кабинетов, пациентов и помощников (хозяев пациентов) от вредного действия рентгеновского излучения

При проведении рентгенологических исследований следует применять оптимальные физико-технические условия, при которых доза облучения была бы наименьшей, а именно: исследования должны производиться при повышенных напряжениях на трубке, за возможно короткое время, при минимальной величине анодного тока, при строгом соблюдении фильтрации излучения, при максимальном ограничении поля облучения, при наибольших расстояниях между фокусом рентгеновской трубки

и пленкой. При рентгенологических исследованиях особое внимание следует обращать на защиту половых органов пациентов, особенно в репродуктивном периоде. Кроме того, защите подлежат и другие части тела, которые не являются объектом исследования. В большинстве случаев защита пациентов обеспечивается обкладыванием просвинцованной резиной соседних участков тела; при этом резина кладется непосредственно на пациента или на специальный каркас. После экспонирования рентгеновской пленки в первую очередь следует освободить пациента от всех защитных или иных приспособлений и дать ему возможность принять свободное положение, затем можно приступить к химико-фотографической обработке экспонированной пленки. Категорически запрещается производить повторные рентгенологические исследования с целью получения дубликатов рентгеновских снимков для научно-исследовательских или иных целей, кроме целей уточнения диагноза.

ТИПОВАЯ ИНСТРУКЦИЯ ПО ОХРАНЕ ТРУДА ДЛЯ ПЕРСОНАЛА РЕНТГЕНОВСКИХ ОТДЕЛЕНИЙ

I. Общие положения

Настоящая инструкция разработана в соответствии с требованиями действующих "Норм радиационной безопасности НРБ-99" СП 2.6.1.758 - 99 (признан не нуждающимся в государственной регистрации, письмо Минюста России от 29.07.99 N 6014-ЭР), "Основных санитарных правил обеспечения радиационной безопасности ОСПОРБ-99" СП 2.6.1.799-99 (признан не нуждающимся в государственной регистрации, письмо Минюста России от 01.06.2000 N 4214-ЭР), Федерального закона от 09.01.96 N 3-ФЗ "О радиационной безопасности населения" (опубликован в "Российской газете" 17.01.96), Приказа Минздрава России от 31.07.2000 N 298 "Об утверждении Положения о единой гос-

ударственной системе контроля и учета индивидуальных доз облучения граждан" (признан не нуждающимся в государственной регистрации, письмо Минюста России от 15.08.2000 N 6948-ЮД), Сан ПиН 2.6.1.802-99 "Ионизирующее излучение, радиационная безопасность. Гигиенические требования к устройству и эксплуатации рентгеновских кабинетов, аппаратов и проведению рентгенологических исследований" (признан не нуждающимся в государственной регистрации, письмо Минюста России от 20.03.2000 N 1887-ЭР).

Инструкция содержит основные положения по охране труда для персонала рентгенодиагностических отделений. На основании настоящей инструкции в каждом лечебно - профилактическом учреждении, имеющем рентгенодиагностическое отделение, должны быть разработаны внутренние должностные инструкции по охране труда с учетом конкретных условий работы.

II. Общие требования безопасности

2.1. К самостоятельной работе в рентгенодиагностических отделениях допускаются лица в возрасте не моложе 18 лет, которые прошли специальную подготовку и отнесены приказом по учреждению к персоналу категории А, согласно требованиям "Основных санитарных правил обеспечения радиационной безопасности ОСПОРБ-99" СП 2.6.1.799-99.

2.2. При проведении рентгенологических исследований выделяют две группы облучаемых лиц - А и Б.

К группе А относятся сотрудники, непосредственно занятые в проведении рентгенодиагностических исследований (врачи-рентгенологи, рентгенолаборанты, санитарки, инженеры и техники по наладке и эксплуатации рентгеновской аппаратуры).

К группе Б относятся сотрудники, находящиеся по условиям работы в сфере действия ионизирующего излучения: сотрудники, работающие в смежных с рентгеновским кабинетом помещениях, специалисты, не входящие по должностным обя-

занностям в штат рентгеновского отделения, но участвующие в проведении рентгеновских исследований.

2.3. Персонал отделения групп А и Б должен знать и соблюдать предельно допустимые дозы облучения. Так, для персонала группы А эффективная доза облучения не должна превышать 0,02 Зв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 0,05 Зв в год. Эффективная доза для персонала не должна превышать за период трудовой деятельности 1,0 Зв. Для персонала группы Б основные пределы доз равны 1/4 значений для персонала группы А в соответствии с "Нормами радиационной безопасности. НРБ-99".

2.4. Женский персонал должен освобождаться от работы в отделении на весь период беременности с момента ее медицинского подтверждения.

2.5. В соответствии с Приказом Минздравмедпрома России от 10.12.96 N 405 "О проведении предварительных и периодических медицинских осмотров работников" (зарегистрирован в Минюсте России 31.12.96 N 1224) в целях предупреждения заболеваний персонал отделения должен проходить медицинский осмотр при поступлении на работу и периодические медицинские осмотры не реже одного раза в год. К работе допускаются лица, не имеющие медицинских противопоказаний к работе с ионизирующим излучением.

2.6. Персонал, занятый в рентгенодиагностических отделениях, должен иметь I квалификационную группу по электробезопасности и ежегодно проходить проверку знаний. Присвоение I группы оформляется в установленном порядке.

2.7. Вновь поступившие, а также лица, временно направленные на работу в отделение, должны пройти вводный инструктаж у инженера по охране труда или лица, ответственного за охрану труда и назначенного приказом по учреждению. Результаты инструктажа должны быть зафиксированы в журнале

регистрация вводного инструктажа по охране труда. По результатам проведенного инструктажа лицо, отвечающее за работу с кадрами, производит окончательное оформление вновь поступающего сотрудника и направляет его к месту работы.

2.8. Каждый вновь принятый на работу в отделение должен пройти первичный инструктаж по охране труда на рабочем месте. Повторный инструктаж персонал должен проходить на рабочем месте не реже двух раз в год, а внеплановый - при изменении условий труда, нарушениях охраны труда и несчастных случаях. Данные инструктажи должны проводиться заведующим отделения или лицом, назначенным им. Результаты инструктажей должны быть зафиксированы в журналах, личной карточке инструктируемого, наряде - допуске или другой документации, разрешающей производство работ.

2.9. Персонал отделения обязан:

- руководствоваться должностными инструкциями;
- соблюдать правила внутреннего трудового распорядка;
- не допускать отклонений от установленного технологического процесса работы с источниками ионизирующего излучения;
- выполнять требования основных нормативных документов, приведенных выше, технических описаний, инструкций по эксплуатации на установленную в отделении аппаратуру, а также настоящей инструкции;
- владеть принципами действия и условиями эксплуатации технологического оборудования кабинета;
- владеть приемами оказания первой медицинской помощи;
- докладывать непосредственному руководителю о каждой неисправности оборудования или возникновении аварии;
- содержать в порядке и чистоте отделение;
- не допускать загромождения отделения неиспользуемой аппаратурой и мебелью.

2.10. Персонал отделения обязан выполнять требования по

соблюдению режимов труда и отдыха.

2.11. Персонал отделения должен владеть правилами защиты от воздействия следующих опасных и вредных производственных факторов:

- повышенного уровня ионизирующего излучения в рабочей зоне;

- повышенной концентрации токсических компонентов защитных материалов на рабочих поверхностях и в воздухе рабочих помещений;

- повышенной концентрации озона, окислов азота и от воздушных электрических разрядов в высоковольтных устройствах;

- опасного уровня напряжения в электрических цепях;

- повышенного уровня шума, создаваемого электрическими приводами, воздушными вентиляторами.

2.12. Применение средств индивидуальной защиты обязательно, если персонал находится в процедурной. Нормы использования средств индивидуальной защиты устанавливаются в зависимости от назначения рентгенодиагностического кабинета.

2.13. Индивидуальные защитные средства должны иметь штампы и отметки, указывающие их свинцовый эквивалент и дату проверки. Проверка защитных свойств проводится один раз в два года службой радиационной безопасности.

2.14. Индивидуальные защитные средства должны допускать влажную обработку. При обнаружении свинцовой пыли, свидетельствующей о нарушении санитарно - гигиенических требований к эксплуатации средств защиты, должна проводиться влажная уборка с использованием 1 - 2% раствора уксусной кислоты.

2.15. При работе с диагностическим аппаратом при горизонтальном положении поворотного стола-штатива все лица, участвующие в исследовании, должны применять коллективные

и индивидуальные средства защиты.

2.16. Запрещается рентгенолаборанту обслуживать одновременно два или более рентгеновских аппарата, работающих в разных кабинетах, даже при общей комнате управления.

2.17. На отделение распространяются общие требования безопасности, предъявляемые к источникам электроэнергии и электрическим аппаратам бытового назначения.

2.18. При несчастном случае или неисправности оборудования, приспособлений и инструментов персонал должен отключить главный сетевой рубильник и поставить в известность об этом заведующего отделением.

2.19. Персонал отделения должен:

при возникновении пожара вызвать пожарную команду, милицию и принять меры по ликвидации пожара первичными средствами пожаротушения;

при прочих аварийных ситуациях (коротком замыкании, обрыве цепи, повреждении радиационной защиты аппарата, поломке коммуникационных систем водоснабжения, канализации, отопления и вентиляции) прекратить работу и вызвать соответствующие аварийные ремонтные службы.

2.20. Персонал отделения должен соблюдать правила личной гигиены.

2.21. Запрещается персоналу отделения:

работать без спецодежды, защитных приспособлений, средств индивидуальной защиты, индивидуальных дозиметров;

пользоваться поврежденными средствами индивидуальной защиты или с истекшим сроком службы;

работать при отключенных системах водоснабжения, канализации, вентиляции;

принимать пищу и курить на рабочих помещениях.

2.22. Персонал отделения должен хранить пищевые продукты, домашнюю одежду и другие предметы, не имеющие отно-

шения к работе, только в специально выделенных местах.

2.23. У входа в процедурную кабинета рентгенодиагностики на высоте 1,6 - 1,8 м от пола или над дверью должно размещаться световое табло (сигнал) "Не входить" бело - красного цвета, автоматически загорающееся при включении рентгеновского аппарата.

Допускается нанесение на световой сигнал знака радиационной опасности.

2.24. Руководитель предприятия, учреждения, организации должен обеспечить изучение инструкции по охране труда каждым сотрудником.

2.25. При необходимости лица, допустившие нарушение инструкции, подвергаются внеочередной проверке знаний по охране труда и внеплановому инструктажу.

2.26. Настоящая инструкция принимается сроком на пять лет, срок действия которой может быть продлен не более чем на два срока.

III. Требования безопасности перед началом работы

3.1. Перед началом работы персонал отделения должен проверить наличие индивидуальных дозиметров, убедиться в отсутствии посторонних лиц в процедурном помещении и провести визуальную проверку исправности рентгеновского аппарата (подвижных частей, электропроводки, высоковольтного кабеля, заземляющих проводов в кабинете и т.д.). Затем следует проверить электрическое напряжение линии питания и произвести пробное включение рентгеновского аппарата на различных режимах работы.

3.2. Запрещается работать при неисправных блокировочных устройствах и измерительных приборах рентгеновских аппаратов.

3.3. При включенном в электрическую сеть рентгеновском

аппарате рентгенолаборант не имеет права выходить из рентгеновского кабинета.

3.4. Перед началом исследования лица, работающие с источниками рентгеновского излучения, должны надеть индивидуальные средства защиты в зависимости от номенклатуры средств защиты, предназначенных для работы в специализированном кабинете.

3.5. Персонал отделения должен убедиться в исправности систем вентиляции, водоснабжения, канализации и электроосвещения. В случае обнаружения неисправностей он должен сообщить заведующему отделением.

3.6. До начала работы персонал должен провести проверку исправности оборудования, реактивов, действие блокировочных устройств, сохранность средств радиационной защиты, целостность заземляющих проводов. При обнаружении неисправностей необходимо приостановить работу и вызвать службу, осуществляющую техническое обслуживание и ремонт.

3.7. При сменной работе рентгеновского кабинета порядок сдачи и приема смены определяется внутренней инструкцией, разрабатываемой заведующим отделением, с учетом функциональных особенностей каждого кабинета.

IV. Требования безопасности во время работы

4.1. Медицинские рентгенологические исследования должны проводиться только лицами, прошедшими специализацию по рентгенологии, обученными правилам проведения исследований.

4.2. Индивидуальный дозиметрический контроль персонал должен проводить средствами измерения рентгеновского излучения с энергией 15 - 140 кэВ при основной погрешности не более +/- 20% в соответствии с СанПиН 2.6.1.802-99 "Ионизирую-

щее излучение, радиационная безопасность. Гигиенические требования к устройству и эксплуатации рентгеновских кабинетов, аппаратов и проведению рентгенологических исследований". Средства измерения рентгеновского излучения должны иметь свидетельства поверки, проведенной в установленные сроки. Индивидуальный дозиметрический контроль должен проводиться постоянно. Ежеквартально результат дозиметрического контроля регистрируется в рабочем журнале.

4.3. Индивидуальные годовые дозы облучения должны фиксироваться в карточке учета индивидуальных доз. Карточка учета доз работника должна передаваться в случае его перевода на новое место работы.

4.4. В случае возникновения нештатных (аварийных) ситуаций персонал должен действовать в соответствии с внутренней инструкцией, разработанной заведующим отделением.

К нештатным ситуациям в рентгеновском кабинете относятся:

- повреждение радиационной защиты аппарата или кабинета;
- короткое замыкание и обрыв в системах электропитания;
- замыкание электрической цепи через тело человека;
- механическая поломка элементов рентгеновского аппарата;
- поломка коммутационных систем водоснабжения, канализации, отопления и вентиляции;
- аварийное состояние стен, пола и потолка;
- пожар.

4.5. Запрещается оставлять аппарат без надзора во время работы или поручать надзор лицам, не имеющим право работать на аппарате.

V. Требования безопасности в аварийных ситуациях

5.1. При радиационной аварии персонал должен:

- поставить в известность заведующего отделением и лицо, ответственное за радиационный контроль;
- эвакуировать больного из помещения, закрыть защитную

дверь, опечатать ее и вывесить табличку об аварийном состоянии;

- для устранения аварии заведующий отделением должен вызвать ремонтную бригаду.

5.2. При подозрении на облучение персонала выше норм, указанных в п. 2.3 настоящей инструкции, заведующий отделением обязан организовать срочную проверку причин, вызвавших переоблучение, оценить полученную дозу, направить пострадавших на медицинское обследование. По полученным результатам заведующий отделением должен определить возможность дальнейшей работы персонала в сфере ионизирующего излучения.

5.3. При нерадиационной аварии персонал должен отключить главный сетевой рубильник и поставить в известность заведующего отделением.

В случае аварии пострадавшим должна быть оказана первая (доврачебная) медицинская помощь.

VI. Требования безопасности по окончании работы

6.1. По окончании работы персонал отделения должен:

- привести в порядок рабочее место;
- привести аппараты в исходное состояние, отключить или перевести в режим, оговоренный инструкцией по эксплуатации;
- отключить все системы электроснабжения;
- провести влажную уборку всех помещений, вымыть полы и продезинфицировать элементы и принадлежности рентгеновского аппарата, с которыми соприкасались пациент и медицинский персонал.

6.2. Заведующий отделением (кабинетом) должен проверить правильность ведения учетной документации.

Стационарные средства радиационной защиты процедурной рентгеновского кабинета (стены, пол, потолок, защитные двери, смотровые окна, ставни и др.) должны обеспечивать ослабление рентгеновского излучения до уровня, при котором не будет превышен основной предел дозы (ПД) для соответствующих кате-

горий облучаемых лиц за все время их пребывания в смежных с процедурной помещениях. Расчет радиационной защиты основан на определении кратности ослабления (K) мощности поглощенной дозы рентгеновского излучения в воздухе в данной точке в отсутствие защиты (D_0) до значения допустимой мощности поглощенной дозы (ДМД) в воздухе.

Отопление рентгеновского кабинета должно осуществляться закрытыми приборами, предпочтительно панельного типа. Приточно-вытяжная вентиляция должна обеспечивать трехкратную вытяжку воздуха в час из помещения процедурной при двукратном притоке свежего воздуха в смежные помещения с подогревом приточного воздуха в холодное время года. Окна помещений рентгеновского кабинета целесообразно ориентировать на север или на северо-запад. Затемнение окон помещений рентгеновского кабинета с целью создания благоприятных условий темновой адаптации обеспечивают светонепроницаемыми шторами без заклеивания оконных стекол светонепроницаемой бумагой или закрашивания непрозрачной краской. Помещения рентгеновских кабинетов должны быть обеспечены двумя системами искусственного освещения: общей и рабочей — адаптационной. При наличии двух самостоятельных электрических сетей — силовой и осветительной, рабочее освещение присоединяют к силовой сети, питающей **рентгеновский аппарат**, а общее освещение — к осветительной сети. Расположение светильников общего освещения должно обеспечивать по мере возможности равномерное освещение помещения рентгеновского кабинета и не вызывать появления глубоких теней. Выключатели освещения должны быть установлены в помещениях, где размещены светильники. **Выключение рабочего освещения одновременно с включением высокого напряжения запрещается.** Запрещается размещение рентгеновских кабинетов в жилых зданиях, а также в подвальных и полуподвальных поме-

щениях. Помещения рентгеновских кабинетов должны быть сухими, температура воздуха в них должна поддерживаться на уровне 20°. Уборка помещений должна производиться ежедневно влажным способом после окончания работы, но не перед ее началом. Перед началом уборки сетевой рубильник должен быть обязательно выключен. Помещения рентгеновских кабинетов должны быть оборудованы водопроводом. Установка умывальников в процедурных рентгенотерапевтических кабинетах запрещается. В целях безопасности все металлические части рентгеновского аппарата должны быть электрически соединены между собой и заземлены. Двери процедурных в рентгеновских кабинетах для рентгенотерапии должны быть снабжены системой блокировки, исключающей нечаянный контакт персонала с током высокого напряжения при открывании двери или автоматически выключающей затвор выходного окна защитного кожуха рентгеновской трубки. Противолучевая защита персонала в рентгеновском кабинете обеспечивается правильной организацией работы, рациональным размещением аппаратуры и оборудования с возможным удалением рабочих мест персонала от источников рентгеновского излучения, а также обязательным использованием защитных устройств и приспособлений при проведении рентгенотерапевтических и рентгенодиагностических процедур. При рентгеноскопии и флюорографии средний медицинский и технический персонал должен находиться за большими защитными ширмами на расстоянии не менее 2 м от источников рассеянного ионизирующего излучения, обязательно применение средств индивидуальной противолучевой защиты (фартуки, юбки, перчатки из просвинцованной резины). Применение персоналом средств индивидуальной защиты обязательно также при фиксации животных во время проведения диагностических процедур. При расчете противолучевой защиты необходимо обеспечить такие условия, чтобы мощность дозы

внешнего облучения в любой точке на рабочем месте персонала не превышала 100 мР в неделю. При этом следует исходить из следующего времени действия рентгеновского излучения: для диагностических аппаратов — 150 мин. за 5-часовую смену; для флюорографов — 15 мин. за смену; для терапевтических аппаратов — 250 мин. за 6-часовую смену. Допустимая мощность дозы на рабочем месте персонала не должна превышать 2 мкР/сек для диагностических аппаратов, 20 мкР/сек для флюорографов и 1 мкР/сек для терапевтических аппаратов. При проведении любых процедур в рентгеновском кабинете необходимо также строго соблюдать все меры индивидуальной защиты исследуемых от рассеянного рентгеновского излучения. Перед началом рабочей смены необходимо тщательно подготовить рентгеновский кабинет к работе. Для этого следует привести в готовность фотолабораторию, включить сетевой рубильник и опробовать рентгеновский аппарат на предстоящих режимах работы (без пациента).

Работники учреждений здравоохранения, занятые на работах с радиоактивными веществами и другими источниками ионизирующих излучений, могут пользоваться правом на льготное пенсионное обеспечение по Списку N 1, разделы XIX и XXII и по Списку N 2, раздел XXIV. Работники учреждений здравоохранения, постоянно и непосредственно работающие с радиоактивными веществами с активностью на рабочем месте свыше 10 миллиКюри радия 226 или эквивалентного по радиотоксичности количества радиоактивных веществ имеют право на льготную пенсию по Списку N 1, раздел XIX, поз. 12300000. Работники учреждений здравоохранения, постоянно и непосредственно работающие с радиоактивными веществами с активностью на рабочем месте не менее 0,1 миллиКюри радия 226 или эквивалентного по радиотоксичности количества радиоактивных веществ имеют право на льготную пенсию по Списку N

2, раздел XXIV, поз. 22600000. Поскольку в указанных разделах Списков не указано (в закрытом или открытом виде) применяются радиоактивные вещества, то основным условием является активность на рабочем месте. Под рабочим местом понимается место (помещение) пребывания персонала для выполнения своих функциональных обязанностей в течение не менее половины своего рабочего времени или 2-х часов непрерывно. Если для выполнения своих производственных обязанностей работник должен находиться в различных местах помещения, то рабочим местом считается все помещение. Активность на рабочем месте подтверждается документами замеров, проведенных промсанлабораторией или центром Госсанэпиднадзора.

Вопросы для самоконтроля

1 Какие органы у пациентов, особенно в репродуктивном периоде, нуждаются в специальной защите от рентгеновского излучения?

2 С какого возраста работники допускаются к работе в рентгенодиагностических отделениях?

3 Какие группы облучаемых сотрудников существуют?

4 Предельно допустимая эффективная доза облучения для персонала группы А.

5 Предельно допустимая эффективная доза облучения для персонала группы Б.

6 Требования к средствам индивидуальной радиационной защиты.

7 Требования безопасности в аварийных ситуациях.

8 Требования к средствам стационарной радиационной защиты.

9 На каком расстоянии персонал должен находиться за большими защитными ширмами от источников рассеянного ионизирующего излучения?

Лабораторно-практическое занятие 6

Порядок фотохимической обработки рентгеновской плёнки, механизм образования скиалогического изображения

Рентгеновская пленка в процессе ее эксплуатации может находиться в трех состояниях: 1) неэкспонированная, обычная пленка, которая хранится в коробке; 2) экспонированная пленка, внешне ничем не отличимая от предыдущей, но в ней уже произошли фотохимические реакции и появилось невидимое изображение; 3) рентгенограмма - заснятая пленка после химической обработки, когда невидимое изображение превратилось в видимое.

Фотообработка экспонированной пленки производится с целью превращения скрытого изображения в видимое, а также для сохранения этого изображения на длительное время. Она включает в себя несколько этапов: 1) *проявление* — восстановление металлического серебра в тех кристаллах галлоидной соли серебра (например, AgBr), где под действием рентгеновского излучения и видимого света усиливающих экранов произошло частичное разложение молекул соли на бром и серебро; получение рентгеновского снимка, чувствительного к свету; 2) *ополаскивание* — промежуточная кратковременная промывка для частичного удаления из эмульсии солей серебра и главным образом проявителя, чтобы он не «портил» закрепитель; 3) *фиксирование* (закрепление) — сделать полученную рентгенограмму не чувствительной к свету путем удаления из эмульсионного слоя неразложившегося бромистого серебра и обеспечить затвердевание желатины; 4) *промывка* - окончательное удаление из эмульсии солей серебра и проявителя; 5) *сушка* - удаление из рентгенограммы воды, что способствует ее длительному хранению.

Проявление

В состав проявляющих растворов входят: растворитель (вода), проявляющее вещество, сохраняющее вещество, ускоряющее вещество, противобульерирующее вещество. Роль проявляющего вещества в проявляющем растворе — реагировать с бромистым серебром эмульсионного слоя фотографического материала, то есть, превращать его в металлическое серебро. В результате химической реакции проявляющее вещество окисляется с выделением продуктов окисления в раствор. Обычный цвет проявленного изображения — серый. Продукты окисления могут вызвать окраску изображения в различные цвета: желтый, красный, коричнево-фиолетовый, коричнево-черный. Известно немало проявляющих веществ, но наибольшее распространение получили метол, гидрохинон и фенидон. Широкое распространение получили растворы не с одним, а с двумя проявляющими веществами, например с метолом и гидрохиноном. Оптимальное количество проявляющих веществ для рентгеновских целей на 1 л проявляющегося раствора: метол — 2—3 г, гидрохинон — 8—10 г, фенидон — доли грамма. Вид проявляющего вещества в сочетании с применяемой щелочью влияет на контрастность изображения. Особо контрастно работающими проявителями являются те, в раствор которых входит гидрохинон с едким калием; контрастно работающими — гидрохинон с углекислым калием или натрием; нормально работающие — метол, гидрохинон с углекислым калием или натрием; мягко работающий — метол со слабыми щелочами и др. Подразделение проявителей по степени контрастности является в значительной мере условным и должно пониматься как результат скорости действия проявителей.

Метол — одно из наиболее часто употребляемых проявляющих веществ. Бесцветные, светло-серые или розоватые кристаллы. Быстро окисляется на воздухе и в водных растворах. Малочувствителен к бромистому калию. Сохраняет проявляю-

щую способность при низких температурах. При растворении метола необходимо использовать воду с температурой не выше 50° С, так как при температуре воды 52°С метол разлагается. При растворении в воде метол частично сразу же окисляется. Перед тем как растворить метол, следует предварительно растворить в воде небольшое количество сульфита натрия, чтобы предохранить метол от немедленного окисления. При составлении проявляющих растворов основную массу сульфита натрия следует вводить в раствор лишь после растворения метола, иначе метол разложится с образованием белых хлопьев и раствор станет негодным для употребления. Метол проявляет поверхностно (малоконтрастно), хорошо прорабатывая лишь детали в светлых местах изображения, вуалирует слабо. Определение вещества: при нагревании сухого вещества в пробирке метол разлагается, не плавясь. Хранение — в герметической упаковке. В рентгентехнике применяется в сочетании с гидрохиноном. Метол токсичен, иногда вызывает воспалительные заболевания кожи пальцев у лаборантов.

Гидрохинон — бесцветные или слегка сероватые игольчатые мелкие кристаллы. Желтая или серая окраска вещества говорит о частичном окислении и уменьшении его проявляющих свойств. Окисляется на воздухе и в водных растворах. Весьма чувствителен к бромистому калию (в 20 раз больше метола) Чувствителен к изменениям температуры проявления (при температурах ниже 10—12° практически не работает) Гидрохинон проявляет плотно и контрастно, но медленно (глубинное проявление). Вялость недопроявленных снимков происходит главным образом от того, что гидрохинон за короткое время или при низкой температуре не успевает оказать свое действие. Соответственно действующим стандартам (ГОСТ 24—60 и ГОСТ 2549—60) метол и гидрохинон изготавливаются двух марок: марки А и марки Б. Для рентгеновских проявителей целесообразнее

использовать марку Б. Марка А предназначена для аналитических и других ответственных работ.

Фенидон — белое кристаллическое вещество. Применяется в сочетании с гидрохиноном вместо метола. Сам по себе фенидон малоактивен, сильно вуалирует; он обладает способностью резко активировать гидрохинон. Фенидон-гидрохиноновые проявители устойчивы к бромидам и поэтому медленнее истощаются. При работе фенидон под действием гидрохинона регенерируется (восстанавливается). Это происходит до тех пор, пока не израсходуется почти весь гидрохинон. Фенидон-гидрохиноновые проявители повышают чувствительность обрабатываемых в них фотоматериалов. Детали в светлых частях изображения прорабатываются лучше, чем в метол-гидрохиновых проявителях. Фенидон не токсичен и не вызывает дерматитов. Количество фенидона на 1 л проявителя в 5—10 раз меньше количества метола. Фенидон закладывается в раствор обычно после гидрохинона; для более быстрого растворения его вводят в раствор в виде кашицы (размешать фенидон в небольшом количестве воды). Проявляющее вещество обычно работает в щелочном растворе. Если к раствору метола или гидрохинона прибавить щелочь, то моментально произойдет окисление и раствор окрасится, а проявитель теряет свои проявляющие свойства. Чтобы этого не произошло, в проявляющий раствор вводится **сохраняющее** вещество, которое предохраняет проявитель от окисления кислородом воздуха. Окисление проявителя вызывает его истощение. Кроме того, оно участвует в самом процессе проявления в качестве растворителя бромистого серебра.

Кристаллический сульфит натрия (натрий сернистокислый кристаллический) при хранении с доступом воздуха выветривается, т. е. теряет кристаллизационную воду и одновременно окисляется в сульфат натрия (глауберовую соль).

Сульфат натрия входит в некоторые проявляющие растворы для уменьшения набухания желатины и замедляет процесс проявления. **Безводный сульфит** — порошок белого цвета, легко пылящий при пересыпании. При хранении с доступом воздуха окисляется так же, как кристаллический. Техническим сульфитом натрия для фотографических целей пользоваться нельзя, так как в нем всегда содержатся сода, сульфат натрия и другие примеси. Проявитель с большим количеством сульфита натрия и со слабой щелочью прекрасно сохраняется месяцами при условии, если он не имеет соприкосновения с воздухом и хранится в хорошо закупоренном сосуде. **На окисление проявителя указывает желтая или бурая окраска раствора.** Недостаточное количество или избыток сульфита натрия в проявителе вызывает появление вуали на рентгеновских снимках. Сульфит натрия должен применяться марки Б (ГОСТ 5644—59) Сульфит натрия марки А предназначен для применения в мелкозернистых проявителях с малой щелочностью. От качества сульфита натрия прежде всего зависит сохраняемость проявителя. Этому обстоятельству следует уделять особое внимание. Сульфит натрия также входит в состав кислых и дубящих фиксажей.

В качестве ускоряющего вещества в проявителе используется щелочь. Ускоряющая роль щелочи заключается в нейтрализации бромистоводородной кислоты, которая образуется во время процесса проявления, и в сокращении времени набухания эмульсионного слоя. Проявляющие растворы с углекислыми щелочами обладают более устойчивыми проявляющими свойствами, чем проявители с едкими щелочами. Проявители с едкими щелочами недолговечны, они быстро окисляются, что ведет к сокращению их срока действия. Скорость действия проявителя зависит от концентрации щелочи. Но избыточное количество щелочи, особенно едкой, отрицательно сказывается на фотографических свойствах проявляющего раствора, т. е.

увеличивается вуалирующая способность раствора. **Кроме того, при значительной концентрации едкие щелочи сильно действуют на эмульсионный слой фотографического материала, слишком размягчая его, а также возникает опасность появления на проявленных снимках желтой вуали.** При использовании сильно щелочных проявителей надо быть особенно осторожными, и количество щелочи не следует завышать против указанного в рецепте, так как может сползти с подложки эмульсионный слой. Сползание слоя необязательно происходит в проявителе. *Углекислый натрий является самым употребительным ускоряющим веществом.* Имеются две модификации углекислого натрия — безводная и кристаллическая. Безводный углекислый натрий (сода безводная, сода кальцинированная) не следует смешивать с двууглекислым натрием (пищевой двууглекислой содой), который непригоден для проявления. Натрий углекислый кристаллический (сода углекислая кристаллическая) легко выветривается на воздухе, при этом не подвергаясь каким-либо химическим изменениям, кроме потери кристаллизационной воды. Углекислый калий (поташ) не содержит кристаллизационной воды, то есть, бывает только безводный. Белый порошок сильно гигроскопический (размокающий на воздухе). Отсыревший поташ можно применять лишь в том случае, если известен его первоначальный вес в сухом виде. Он иногда поступает в рентгеновские кабинеты сырым, и истинный вес сухого вещества неизвестен. Расплавившийся отсыревший поташ надо высушить, так как никаких добавок на глаз при отвешивании делать нельзя. Сушка — прокалка производится следующим образом. На чистую железную сковороду или в фарфоровую чашку, поставленную на плитку, высыпается поташ. При подогреве до 80—90° масса становится жидкой. После расплавления поташа жидкость надо непрерывно перемешивать металлической (но не алюминиевой) или деревянной мешалкой или

ложкой. Перемешивание следует усилить, когда поташ начнет густеть и покрываться пузырями. Нагрев теперь надо уменьшить и продолжать до получения белого порошка, который после охлаждения надо пересыпать в сосуд с герметической укупоркой, например, в полиэтиленовый мешок. Едкие щелочи, применяемые в фотографии, — гидрат окиси натрия, или едкий натр (каустическая сода), и гидрат окиси калия, или едкое кали. Названные вещества по своим химическим и фотографическим свойствам очень сходны. Белые куски волокнистого строения. Жадно поглощают влагу и углекислый газ. Обращаться с осторожностью! Едкие щелочи действуют сильно разъедающе на кожу и слизистые оболочки. При дроблении кусков необходимо надевать резиновые перчатки и защитные очки. Куски брать пинцетом. Следить за тем, чтобы нигде не оставалось следов едкой щелочи.

В качестве противувалирующего вещества обычно используется бромистый калий. Бесцветные кубические кристаллы, хорошо растворимые в воде. Гигроскопичны. Хранить его следует в банках из коричневого стекла, герметически закупоренных. Бромистый калий препятствует проявлению неэкспонированных микрокристаллов бромистого серебра. Для уменьшения вуалирующей способности проявляющего раствора достаточно вводить бромистый калий в количестве до 2—2,5 г на литр раствора. Дальнейшее увеличение концентрации бромистого калия в растворе не вызывает большого снижения вуали и сказывается только на уменьшении светочувствительности фотографического материала и контрастности проявленного изображения. Кроме того, при очень больших концентрациях бромистого калия наблюдается появление на снимках, так называемой, дихроической вуали (один из видов фотографической вуали). Она возникает на неэкспонированных участках, при обработке фотоматериала в

медленно работающих проявителях, содержащих повышенное количество растворителей галогенидов серебра (сульфит натрия, аммиак, тиосульфат и др.). Дихроическая вуаль на непрозрачных материалах имеет желто-зеленый оттенок, а на прозрачных - коричневатый оттенок). Концентрация бромистого калия в данном объеме проявителя непостоянна. **Бромиды накапливаются в проявителе по мере увеличения количества проявленного фотографического материала. Это является одной из главных причин истощения проявителя.** При приготовлении проявляющих растворов бромистый калий надо вводить осторожно и в количестве, не превышающем указанного в рецепте. **При сильном обогащении проявителя бромистым калием на рентгеновском снимке может появиться и сеткообразная структура, так называемая мраморовидность.** Следует заметить, что бромистый калий в качестве противовуалирующего вещества не всегда достаточно эффективен, например, при использовании очень энергичных проявителей, в случае проявления при повышенной температуре раствора и при проявлении фотографических материалов с повышенной плотностью вуали. В таких случаях лучше применять органическое противовуалирующее вещество — бензотриазол.

Бензотриазол — желтовато-белые легкие игольчатые кристаллы, трудно растворимые в воде, но хорошо растворяющиеся в щелочных растворах, в том числе и в готовых рентгеновских проявителях. Применение бензотриазола в последних рекомендуется только тогда, когда из-за чрезмерной оптической плотности вуали пленок бромистый калий уже недостаточно активен. В таких случаях бензотриазол можно вводить в проявитель дополнительно в количестве 0,05—1 г/л, помня, однако, что при этом снижается чувствительность пленки, увеличиваются контраст и время проявления.

Приготовление проявляющих растворов

Приготовление проявляющих растворов следует производить с большой точностью и аккуратностью. Кроме того, надо уметь правильно составлять растворы. Растворение веществ в воде при составлении проявителя производится в определенном порядке: 1) часть сульфита, 2) метол, 3) сульфит натрия, 4) гидрохинон или другое проявляющее вещество, 5) ускоряющее вещество (если ускоряющим веществом является едкая щелочь, то она растворяется отдельно в холодной воде и полученный раствор прибавляется к раствору с проявляющим веществом и сульфитом натрия), 6) противовуалирующее вещество, 7) другие вещества, которые входят по рецепту в состав проявителя. Растворителем перечисленных веществ всегда служит вода. Вода в природных условиях содержит различные примеси, а именно: частицы песка, микроорганизмы, растворенные газы и соли, глину, остатки организмов. Механические примеси можно удалять путем фильтрования воды через вату или фильтровальную бумагу. Микроорганизмы погибают, а газы удаляются при кипячении воды. Соли, находящиеся в воде, вызывают ее жесткость. **Жесткая вода может быть причиной образования на рентгеновских снимках налета, так называемой кальциевой сетки.** Большинство этих солей после кипячения воды выпадает в виде осадков. Для приготовления проявляющих и других фотографических растворов лучше всего использовать дистиллированную воду, которую до употребления надо прокипятить. Обычная температура воды при растворении веществ должна быть не выше 50° С, так как при 52° С метол разлагается. Измерение температуры надо производить водяным термометром, который является предметом обязательного инвентаря каждой фотолаборатории. Для составления проявляющего раствора надо брать приблизительно 3/4 воды от окончательного объема рас-

твора. Каждое вещество вводится в раствор после полного растворения предыдущего вещества. После растворения всех веществ добавляется холодная вода до требуемого объема. На сосудах, в которых приготавливаются фотографические растворы, должны быть нанесены метки, указывающие количество литров раствора, до которых после растворения всех веществ надо доливать воду. Каждое вещество отвешивается и высыпается отдельно на листки бумаги, на которых надо надписать названия веществ. После развески химикалии поочередно всыпают в сосуд с водой. Для размешивания раствора надо пользоваться стеклянной палочкой. Можно рекомендовать 2 деревянные или пластмассовые палки, лопатки, рейки, обязательно размеченные, какая из них для проявителя, какая для стоп-ванны и фиксажа. Размешивание раствора необходимо производить осторожно, без образования пены, в противном случае проявитель быстро окислится. В целях предупреждения окисления метола кислородом воды метол следует растворять в слабом (!) растворе сульфита натрия, содержащем около одной четверти общего количества сульфита натрия, необходимого по рецепту. Приливать щелочь к горячему раствору, содержащему проявляющее вещество с сульфитом натрия, нельзя, так как сульфит натрия не может задержать процесс окисления, ускоряемый повышенной температурой.

Приготовление проявителя следует производить не позднее чем за один день до его употребления. За это время образовавшиеся помутнения переходят в хлопья, которые оседают на дне сосуда. В таких случаях главная часть раствора отделяется от осадка на дне сосуда (сливается), а остаток быстро отфильтровывается через 3—4 слоя марли. Фильтровать весь раствор, как это очень часто делается, не рекомендуется, так как при этом происходит окисление проявителя. При приготовлении растворов и при работе с готовыми составами следует помнить, что пыль от химикатов, возникающая при взвешивании веществ

или после высыхания случайно пролитых растворов, может испортить обрабатываемые в лаборатории фотографические материалы. Бывают случаи, когда свежеприготовленный проявитель плохо работает, т. е. на рентгеновских снимках появляется вуаль, либо видны дефекты в виде светлых пятнышек, темных точек или спиралевидных почернений, либо проявитель окрашен, либо вообще не работает. Указанные дефекты могут возникнуть в следующих случаях:

- раствор делался на слишком холодной воде или недостаточно хорошо размешивался, и вещества, таким образом, были растворены не полностью; раствор имел слишком большую концентрацию;

- химикаты растворялись не в указанной в рецепте последовательности или выкристаллизовались при слишком быстром охлаждении раствора;

- при растворении веществ по отдельности производилось смешивание горячих растворов;

- при увеличении концентрации щелочи;

- пропущено какое-нибудь из веществ;

- химикаты были загрязненные или испорченные;

- посуда, в которой производилось растворение веществ, была плохо вымыта;

- растворы соприкасались с оловом, медью, красной резиной, цинком или другими веществами.

Приготовление фотографических растворов следует производить внимательно и аккуратно, а взвешивание химических веществ с точностью $\pm 10\%$. Недопустимы такие случаи, когда приготовление фотографических растворов производится в ведрах из оцинкованной жести или в эмалированных ведрах с отбитой эмалью. В условиях рентгеновского кабинета приготовление фотографических растворов можно допустить только в эмалированной посуде, в которой не нарушено эмалевое покрытие, в

полиэтиленовых ведрах. Можно пользоваться и стеклянной посудой, а там, где имеются баки, приготовление растворов производится в них. Для этого целесообразно иметь матерчатые мешочки для каждого вещества, название которого должно быть написано на мешочке. Мешочки с химикалиями поочередно подвешиваются у верхнего края бачка. При растворении таким образом не требуется фильтрования и переливания растворов, так как все примеси остаются в мешочках. **Бачок для проявителя обязательно каждый раз перед приготовлением нового раствора тщательнейшим образом очищать от осадившегося на стенках налета**, который, если его не удалить сразу же, портит свежеприготовленный проявитель. То же относится к кюветам: совершенно недопустимо проявлять в почерневших кюветах. Кюветы должны после работы не ополаскиваться, а полностью очищаться от налета. **При кюветном проявлении готовый проявитель следует хранить в бутылках такой емкости, какая требуется для ежедневной работы.** Бутылки должны быть заполнены до горлышка и герметически закупорены. Для этого удобно использовать резиновые напальчники, надевая их на горлышко. **Хранение проявителя в негерметизированных сосудах в течение даже нескольких часов недопустимо.** Проявитель в кюветах истощается не столько от работы, сколько от соприкосновения с кислородом воздуха, который он жадно впитывает; пожелтевший проявитель (не говоря уже о покоричневевшем) надо выливать и заменять новым. В 1 л невосстанавливаемого проявителя можно проявить до 1 м² пленки (8 снимков размерами 30×40 см).

Проявление фотографического, или рентгеновского, изображения — это очень сложный процесс, цель и смысл которого заключается в усилении (в миллионы раз) первичного действия лучистой энергии на светочувствительный слой фотографического материала. **Сущность процесса проявления, с химиче-**

ской стороны, заключается в реакции восстановления галогидного серебра экспонированных микрокристаллов в металлическое серебро под действием проявляющего вещества, которое при этом окисляется. Процесс проявления начинается с проникновения проявляющего раствора в эмульсионный слой фотографического материала. Как только проявляющий раствор достигнет микрокристаллов галогидного серебра, начинается процесс проявления. Проявление (восстановление) микрокристаллов начинается в центрах проявления, и если микрокристалл начал проявляться, то он проявится целиком. Те микрокристаллы, которые не имеют центров проявления и не находятся в тесном контакте с проявляющимися кристаллами, не восстанавливаются. Число кристаллов, способных к проявлению, зависит не от степени проявления каждого из них, а от величины экспозиции. **С продолжительностью проявления оптическая плотность почернения и контрастность изображения возрастают только до определенного момента, после которого увеличение контраста прекращается, а в дальнейшем уменьшается из-за быстрого роста вуали.** При повышении температуры раствора скорость работы проявителя увеличивается, но вместе с тем во много раз увеличивается скорость появления вуали (больше, чем скорость проявления изображения) Из сказанного следует, что рентгеновскую пленку в стандартном проявителе следует проявлять в течение того времени и при той температуре раствора, которые указаны на фабричной упаковке с пленкой. Истощение проявителя ведет к уменьшению скорости работы проявителя и к ухудшению проработки светлых мест негативного изображения. В этом же смысле действуют накапливающиеся продукты окисления проявляющих веществ. При истощении проявителя понижается концентрация щелочи и проявляющих веществ.

Освежение проявителя. В процессе работы проявитель не

только истощается, но и уносится в эмульсионном слое и рамкой-пленкодержателем. Следовательно, надо постоянно поддерживать скорость проявления и проявляющую способность раствора. То и другое надо поддерживать на неизменном уровне, чтобы качество снимков было одинаковым. Кроме того, надо каким-то способом сохранять постоянный объем рабочего раствора в бачке до тех пор, пока он не истощится. **Все это достигается методом освежения или, как его еще называют, методом восстановления.** Сущность метода заключается в том, что в рабочий раствор проявителя добавляется такое же количество восстановителя, какое было унесено рентгеновской пленкой. Освежать рабочий раствор проявителя можно до тех пор, пока объем введенного восстановителя не будет равен примерно половине первоначального объема рабочего раствора. В восстановителе концентрация проявляющих веществ в сравнении с основным рецептом проявителя превышает в 1,5—2 раза, чем и компенсируется истощение рабочего раствора за счет расхода веществ. Более точная концентрация веществ определяется при разработке рецепта восстановителя для каждого проявителя в отдельности. Восстановитель никогда не содержит бромистого калия, так как унос его из рабочего раствора проявителя компенсируется в процессе проявления рентгеновской пленки. **Освежающий раствор нужно добавлять в бачок с проявителем до постоянного объема рабочего раствора ежедневно после работы.** Систематическое пополнение проявителя освежающим раствором дает возможность увеличить количество проявляемой пленки; например, в стандартном проявителе для рентгеновской пленки (без освежения раствора) можно в одном литре проявить около 1 м² пленки, а при освежении рабочего раствора — до 1,5 м². Из этого следует, что освежение рабочих растворов проявителей должно производиться повсеместно, так как, кроме других преимуществ, правильно осуществляемый

метод освежения позволяет сократить расход химикалий.

Закрепление (фиксирование)

В процессе проявления галоидное серебро эмульсионного слоя восстанавливается в металлическое серебро не полностью. Оставшееся (до 75%) галоидное серебро чувствительно к свету и со временем темнеет. Для того, чтобы изображение сделать светостойким, его подвергают фиксированию. Сущность процесса фиксирования (или закрепления) заключается в том, что фиксирующее вещество, реагируя с оставшимся непроявленным галоидным серебром, образует растворимые в воде комплексные соли серебра. Сам процесс растворения не восстановленного во время проявления бромистого серебра называется фиксированием. Веществ, растворяющих галоидное серебро, много, но самым употребительным является тиосульфат натрия, который обычно называют гипосульфитом.

Тиосульфат натрия (натрий серноватисто-кислый, гипосульфит). Чаще всего применяется кристаллический, реже — безводный. 1 г кристаллического вещества соответствует 0,6 г безводного, 1 г безводного—1,6 г кристаллического.

Непроявленная пленка в растворе гипосульфита обесцвечивается; раствор тиосульфита натрия обесцвечивает настойку йода. Процесс фиксирования состоит из двух стадий:

1) растворение оставшихся непроявленными кристаллов бромистого серебра. Сначала образуется плохо растворимая соль, которая, при наличии в растворе достаточного количества тиосульфита натрия, переходит в растворимое соединение — двойную соль серноватисто-кислого серебра и натрия;

2) удаление из эмульсии пленки этих солей, которые медленно проникают в фиксирующий раствор. **Полное удаление этих солей из эмульсионного слоя происходит во время тщательной промывки рентгеновского снимка.** После завершения промывки получается вполне отфиксированный снимок,

содержащий только металлическое серебро. Процесс фиксирования не может протекать нормально, если используется **старый фиксирующий раствор с малым количеством тиосульфата натрия**. В этом случае образуется трудно растворимая в воде соль серебра, которая, оставшись в эмульсионном слое, с течением времени **разлагается на сернистое серебро, серу и серную кислоту, в результате чего рентгеновский снимок покрывается коричневыми пятнами**. Такое же явление наблюдается **при неполной промывке** нормально отфиксированного снимка. Продолжительность фиксирования в основном зависит от типа фотографического материала, концентрации тиосульфата натрия, температуры раствора, степени истощенности фиксажа и присутствия в растворе других солей. Крупнозернистые негативные фотографические материалы и материалы с толстым эмульсионным слоем фиксируются значительно дольше чем мелкозернистые и с тонким эмульсионным слоем. С повышением концентрации тиосульфата натрия скорость фиксирования возрастает. Максимальная скорость фиксирования достигается при концентрации тиосульфата натрия в 40%; при концентрации свыше 40% скорость фиксирования уменьшается, и при концентрации свыше 60% раствор перестает фиксировать. Иногда в рентгеновских кабинетах употребляется фиксирующий раствор с меньшей концентрацией тиосульфата натрия (25—30%). Такая концентрация связана с тем, что обычный фиксаж загрязняется раньше, чем наступает его истинное истощение. **Проявитель препятствует образованию растворимых в воде солей серебра**, фиксаж становится непригодным к употреблению и заменяется свежим раствором. С повышением температуры раствора время фиксирования сокращается, но, вместе с тем, происходит сильное набухание желатины, и механическая прочность ее снижается. При нормальных концентрациях тиосульфата натрия рабочая температура раствора лежит между 10

и 24° С, но обязательная температура такая же, как для остальных растворов.

По мере использования фиксирующего раствора происходит падение его свойств и, следовательно, увеличение времени фиксирования. Это явление **называется истощением фиксирующего раствора**. Причиной истощения фиксажа является накопление в растворе комплексных солей серебра, а также бромистого, хлористого и йодистого натрия. Кроме того, происходит уменьшение концентрации тиосульфата натрия. Также происходит саморазложение тиосульфата натрия, особенно при продолжительном нахождении раствора на открытом воздухе. Наступление истощения фиксажа можно определить по внешнему виду раствора или химическими способом. **Легкое помутнение или слабо-желтая окраска раствора указывают на начало истощения**. Практически момент истощения фиксажа наступает быстрее, если не соблюдается техника химико-фотографической обработки экспонированного фотографического материала. Самый простой способ определения пригодности фиксажа заключается в действии света на пробу раствора. **Капля фиксажа на белой фильтровальной бумаге выставляется на несколько часов на яркий свет. Если пятно на бумаге окрасится в коричневый цвет, то таким фиксажем пользоваться нельзя.**

Проба с йодистым калием. Для этого надо иметь в фотолаборатории 100—200 мл четырехпроцентного водного раствора йодистого калия и стеклянную пробирку. Пробирка заполняется наполовину испытуемым фиксажем, и в нее доливается 1—2 мл раствора йодистого калия.

Если фиксаж остается прозрачным — истощение его не наступило.

Если раствор мутнеет, но после взбалтывания осветляется — он находится на грани истощения.

Если раствор остается мутным — фиксаж надо заменить новым.

Фиксирование считается законченным, если снимок находится в фиксирующем растворе удвоенное время с момента осветления, то есть, с момента исчезновения молочно-белой окраски эмульсионного слоя. Практически правило заключается в том, что после осветления изображения на рентгеновском снимке пленку надо оставить в фиксаже на такое же время, какое прошло между погружением в раствор снимка и полным осветлением изображения. При работе с обыкновенным фиксирующим раствором необходимо знать, что погруженный в раствор рентгеновский снимок некоторое время продолжает проявляться, так как простой раствор тиосульфата натрия имеет слабощелочную реакцию. Для устранения такого явления в фиксирующий раствор вводится слабая кислота. Концентрированную кислоту употреблять нельзя, так как она приводит к немедленному разложению тиосульфата натрия с выпадением серы. К преимуществам кислого фиксажа относится еще и то, что он не окрашивается продуктами разложения проявителя.

В жаркое время, при высокой температуре воды, желатина сильно впитывает воду и плавится, вследствие чего происходит сползание эмульсионного слоя с подложки. В целях предупреждения сползания с подложки эмульсионного слоя перед фиксированием производят его дублирование в дубящей ванне или используют дубящий фиксаж. В целях обеспечения полноценного фиксирования весьма целесообразно этот процесс производить не в одном, а в двух растворах. При фиксировании в двух растворах первый раствор можно употреблять почти до полного истощения его. И когда наступает значительное истощение первого раствора, то его заменяют вторым раствором, вместо которого готовят свежий. Практически считается, что во втором растворе следует фиксировать $1/3$ времени от продолжи-

тельности полного фиксирования. Двухрастворное фиксирование обеспечивает более быстрое и полное удаление галоидного серебра из эмульсионного слоя.

Обыкновенный фиксаж представляет собой водный раствор тиосульфата натрия. Для фиксирования негативных фотографических материалов обычно используется 25—30%-ный раствор. Большой концентрации раствор употребляется редко, так как, взаимодействуя с продуктами окисления проявителя, он легко окрашивается сам и постепенно начинает окрашивать эмульсионный слой фотографического материала. Обыкновенный фиксаж быстро обогащается щелочью проявителя, что, в свою очередь, вызывает значительное набухание желатины и уменьшение механической прочности эмульсионного слоя. Повышенная щелочность раствора приводит к тому, что погруженный в фиксаж фотографический материал продолжает проявляться параллельно с фиксированием. Кроме того, внешний вид снимков, обработанных в обыкновенном фиксаже, всегда оставляет желать лучшего.

Максимальная продолжительность фиксирования рентгеновской пленки в обыкновенном фиксаже при температуре раствора 18—20° С от 15 до 20 мин. В одном литре обыкновенного фиксажа можно отфиксировать (без окрашивания раствора) примерно 1 м² рентгеновской пленки. Истощенный фиксаж вызывает появление на рентгеновских снимках дихроической вуали. Тиосульфат натрия рекомендуется растворять в воде с температурой 50° С. При его растворении происходит сильное поглощение тепла, в результате чего температура воды понижается и процесс растворения замедляется, при температуре воды 72°С тиосульфат может разложиться. Быстрое растворение тиосульфата натрия может быть достигнуто и без предварительного нагревания воды. Тиосульфат натрия насыпается в матерчатые мешочки, которые погружаются немного ниже уровня воды. При данном способе растворения не требуется предварительное измельчение

слежавшихся комков вещества, что обычно делается перед растворением в горячей воде. В слабощелочной среде происходит восстановление части галоидного серебра и осаждение его в высокодисперсном состоянии, что приводит к образованию дихроичной вуали. Чтобы избежать этого, необходимо увеличить кислотность среды. Поэтому часто после проявления фотоматериал промывают в кислой среде (останавливающая или стоп-ванна) или употребляют кислые фиксажи.

Кислый фиксаж. Кислым называется потому, что в его состав вводится кислая соль или слабая (!) кислота. Введение кислоты в раствор тиосульфата натрия возможно лишь в присутствии сульфита натрия, в противном случае происходит так называемая сульфуризация, т. е. разложение тиосульфата натрия с выпадением серы. Сульфуризация может произойти и в тех случаях, когда в раствор вводится большее количество кислоты чем указано в рецепте, или в растворе имеется недостаточное количество сульфита натрия. Следует заметить, что **избыточное количество кислоты отрицательно влияет на качество снимков, способствуя появлению ретикуляции на эмульсионном слое.** Сульфуризация наступает и при высокой температуре кислого фиксажа, вследствие чего уменьшается концентрация тиосульфата натрия, а сера откладывается на эмульсионном слое фотографического материала. При приготовлении кислых фиксажей должен строго соблюдаться порядок растворения веществ и смешивания растворов. В отдельном сосуде с водой (50° С) растворяется тиосульфат натрия. В другом сосуде растворяют все количество сульфита натрия, которое указано в рецепте. Кислоту осторожно, тонкой струей приливают к раствору сульфита натрия. Не ранее чем через 20 мин полученный раствор приливается небольшими порциями к раствору тиосульфата натрия при непрерывном помешивании последнего. Сливание растворов возможно лишь после полного охлаждения их. Вво-

дить кислоты непосредственно в раствор тиосульфата натрия нельзя, так как произойдет выпадение серы и фиксаж становится негодным. При работе с кислотами следует соблюдать осторожность, особенно с кислотами большой концентрации. Всегда надо вливать кислоту в воду, а не наоборот. Если в кислом фиксаже используется метабисульфат калия, то его вводят в раствор тиосульфата натрия без предварительного растворения в отдельном сосуде. При этом необходимо, чтобы раствор тиосульфата натрия был холодный.

Кислотность фиксажа следует проверять ежедневно. Нельзя допускать, чтобы раствор нейтрализовался и тем более ошелочился. Одновременно надо проверять кислотность стоп-раствора. Удобнее всего для этого пользоваться индикаторной бумагой или синей лакмусовой. Последняя при погружении в испытуемый раствор должна окрашиваться в розовый цвет. Если этого не произойдет, раствор утратил свою кислотность и его надо либо заменить новым, либо подкислить. Для этого в раствор надо добавить метабисульфит калия или вышеописанный раствор кислоты и сульфита натрия в первоначальном количестве. Если постоянно поддерживается кислотность стоп-ванны, фиксаж подкислять не нужно, так как с обработанными в кислой стоп-ванне пленками в фиксаж заносится кислота, а не нейтрализующая его щелочь проявителя. Продолжительность фиксирования в кислом фиксаже при температуре раствора 18—20° С — 15—20 мин, в зависимости от типа пленки. Безэкранные эмульсии толще и фиксируются дольше. В одном литре фиксажа можно отфиксировать 1,4 м² рентгеновской пленки.

Быстрый фиксаж. Чаще всего для его приготовления используется хлористый аммоний (хлорид аммония, нашатырь) Белый кристаллический порошок, хорошо растворимый в воде. Для фотографических целей пригоден только чистый или более высокого сорта хлористый аммоний. Технический хлористый

аммоний, который иногда используется, для приготовления быстрых фиксажей не пригоден. Обычная концентрация хлористого аммония — 40—50 г на один литр раствора тиосульфата натрия. Среднее время фиксирования в быстром фиксаже — 3—5 мин при температуре раствора 18—20° С. В одном литре быстрого фиксажа можно отфиксировать примерно 1 м² рентгеновской пленки. Очень часто в быстрые фиксажи вводится кислая соль или слабая (!) кислота. При составлении быстрого кислого фиксажа обычно берется 400 г тиосульфата натрия, 50 г хлористого аммония и до 600 мл воды — это первый раствор. Второй раствор содержит: 30 г сульфита натрия безводного, 15 мл ледяной уксусной кислоты и до 400 мл воды. При непрерывном помешивании в первый раствор вливается второй раствор.

Дубящие фиксажи. Называются так потому, что в состав фиксирующего раствора входят дубящие вещества. Наиболее употребительными дубящими веществами в фотографии являются алюмокалиевые и хромовые квасцы. Механическая прочность желатины при использовании хромовых квасцов выше, чем при использовании алюминиевых квасцов. Обычно используются кислые дубящие растворы фиксажей, так как в кислой среде эффект дубления значительно возрастает. В щелочной среде эффект дубления отсутствует. Кислый дубящий раствор фиксажа содержит следующие составные части: тиосульфат натрия, кислоту, сульфит натрия, дубящее вещество — квасцы. При составлении кислых дубящих фиксажей необходимо соблюдать следующую последовательность:

- 1) в отдельном сосуде с горячей водой (50° С) растворяется тиосульфат натрия;

- 2) в отдельном сосуде растворяется сульфит натрия и кислота (по методике, предусмотренной для кислого фиксажа);

- 3) в отдельном сосуде с теплой водой растворяются алюмокалиевые или хромовые квасцы.

Приготовленные растворы сливаются в один общий сосуд в следующем порядке: к раствору тиосульфата натрия небольшими порциями приливается раствор сульфита натрия с кислотой; затем к общему раствору приливаются квасцы. После этого приливается холодная вода до нормы, указанной в рецепте. Вливать раствор квасцов непосредственно в раствор тиосульфата натрия нельзя, так как тиосульфат натрия разложится с выделением серы. При смешивании подкисленного раствора тиосульфата натрия с раствором квасцов температура этих растворов должна быть не выше 30° С. При более высокой температуре может произойти частичное разложение тиосульфата натрия.

Обработка снимка

Следует помнить, что чрезмерное дубление иногда вызывает **опалесценцию** (блеск) эмульсионного слоя, которая чаще всего возникает при использовании раствора с повышенной температурой. В некоторых случаях дубящие фиксажи вызывают **пузырение** эмульсионного слоя фотографического материала. Это объясняется тем, что внутри слоя выделяется углекислый газ (возможно и сернистый), который образуется в результате взаимодействия кислоты со щелочью в эмульсионном слое, заносимыми на фотографическом материале из проявителя в фиксаж при истощенном стоп-растворе. Прибавление борной кислоты к фиксажу с уксусной кислотой, сульфитом натрия и алюмокалиевыми квасцами значительно повышает срок службы раствора. Такой раствор не выделяет осадка дубителя и сохраняет свои дубящие свойства примерно втрое дольше, чем другие фиксирующие растворы. В одном литре дубящего фиксажа можно обработать около 1,3 м² рентгеновской пленки. Приведенные здесь и выше нормы использования фиксирующих растворов являются ориентировочными, так как они рассчитаны на сравнительно небольшие изменения свойства и скорость действия фиксирующих растворов. В заключение следует сказать,

что быстрые и кислые дубящие фиксажи сохраняются плохо; лучше сохраняются обыкновенные и очень хорошо — кислые фиксажи. Последние, в отличие от всех других фиксажей, обладают отличной сохраняемостью вообще и, в частности, в процессе их использования. Кроме обязательных, имеются еще не обязательные, дополнительные, операции: дублирование, усиление, ослабление и др., которые применяются по мере надобности. **При химико-фотографической обработке экспонированной рентгеновской пленки, как и других фотографических материалов, сосуды с растворами должны располагаться в следующей последовательности: сосуд с проявителем, рядом с ним стоп-ванна, затем с закрепителем и, наконец, для промывки.**

Техника проявления рентгеновских снимков Как правило, рентгеновские снимки должны проявляться в чистом, неистощенном, стандартном проявителе, температура которого должна быть в пределах от 16 до 24°C. Нормальная температура — 18° С. Нормальное время проявления рентгеновской пленки указано на ее упаковке. Иначе говоря, рентгеновская пленка должна проявляться в стандартных условиях. Время проявления, указанное фабрикой на коробке с пленками, при обработке свежей пленки может быть увеличено, и этим повышены ее чувствительность и контрастность, но до известных пределов, ограничиваемых ростом оптической плотности вуали. Так могут быть уменьшены экспозиции при съемке. **Всегда при использовании новой партии пленки следует определять допустимое время проявления «по вуали».** Этот способ заключается в следующем. От испытуемой пленки отрезается полоска шириной 2—3 см, которая погружается в проявитель. За 2 мин до истечения времени проявления, указанного на коробке, отрезается приблизительно 1/4 часть проявляемой полоски. Это затем повторяется каждые 2 мин. Отрезаемые куски сразу же переносят-

ся в закрепитель. После того, как все 4 отрезка отфиксируются, их промывают и сушат. Все отрезки будут иметь разную плотность вуали. Выбирается тот отрезок, плотность вуали которого еще приемлема. Время проявления этого отрезка и будет допустимым временем проявления для данной партии (эмульсии) пленок при данной температуре и данной свежести проявителя. Таким испытаниям следует подвергать и пленки, которые хранились в плохих условиях или после длительного хранения потеряли свои первоначальные фотографические свойства. Для них время проявления, указанное на упаковке, может быть уже слишком большим из-за роста вуали. В таких случаях приходится сокращать длительность проявления за счёт увеличения экспозиций при съемке.

Перед тем как приступить к изложению техники проявления, необходимо напомнить некоторые истины, о которых часто забывают. Следует помнить, что загрязненным проявителем пользоваться нельзя. Загрязнение проявителя остатками желатины или кусками пленки, которые с течением времени загнивают, приводит к разложению проявителя. Поэтому **дурно пахнущий и мутный проявитель следует немедленно выливать, а посуду основательно чистить.** Загрязнение проявителя даже незначительным количеством фиксажа является одной из причин появления на рентгеновских снимках дихроической вуали. Истощенным проявляющим раствором также пользоваться нельзя, о чем было сказано выше. Незнание температуры раствора и времени проявления может привести к браку рентгеновских снимков. Всегда надо знать температуру проявителя и нормальное время проявления при этой температуре. Зная условия, при которых был проявлен снимок, можно судить о правильности выбора технических условий при съемке. **Готовность снимка обычно проверяется визуально при свете лабораторного фонаря.**

Если снимок приходится вынимать из проявителя до истечения нормального времени проявления, то это сигнализирует о переэкспонировании при съемке. В этом случае фотографические свойства пленки (чувствительность и контрастность ее) остались частично неиспользованными, а это значит, что пострадали и качество изображения, и пациент, получивший избыточное облучение. Проявлять рентгенограммы при температурах проявителя, ниже и выше указанных в таблице, не следует, т. к. это может привести к ухудшению качества изображения и даже полной непригодности снимков.

При проявлении пленки в слишком теплом проявителе на рентгеновских снимках могут появиться общая серая вуаль или дихроическая вуаль, ретикуляция и другие дефекты.

При длительном пребывании экспонированной пленки в проявляющем растворе с повышенной температурой **может расплавиться и сползти с подложки эмульсионный слой или могут образоваться конгломераты**, которые увеличат нерезкость изображения за счет косвенного уменьшения разрешающей способности рентгеновской пленки.

Если время проявления увеличить сверх нормального, то сначала контрастность изображения начнет повышаться, а затем появится общая серая вуаль, которая покрывает детали рентгеновского изображения в светлых местах рентгеновского снимка, вплоть до полного исчезновения их, и, естественно, контрастность изображения резко уменьшится.

Если время проявления будет выдержано, а температура проявителя будет ниже допустимой, то правильно экспонированный рентгеновский снимок окажется недопроявленным.

Если время проявления будет выдержано, а температура проявителя будет выше указанной в рецепте, то пра-

вильно экспонированный рентгеновский снимок окажется перепроявленным. Перепроявление или недопроявление рентгеновских снимков в целях исправления ошибок в экспозиции часто ведет к браку снимков. Об этом следует всегда помнить и экспонировать так, чтобы не требовались значительные отклонения от нормального проявления. Это напоминание не лишено оснований, так как среди некоторой части работников рентгенодиагностических кабинетов наблюдается тенденция к проявлению переэкспонированных рентгеновских снимков в старом, истощенном проявителе, а недоэкспонированных — в свежем, теплом проявителе. Кроме того, имеют место случаи, в особенности при проявлении снимков в ванночках, когда теплый проявитель добавляется к холодному или холодный к теплomu, либо во время проявления сосуд с проявителем подогревается с одной стороны, т. е. создается **неравномерность температуры в проявителе.** В таких случаях на рентгеновских снимках может появиться **мраморовидность, которая исправлению не поддается (под термином «мраморовидность» в фотографии понимается дефект на негативах, имеющий волнообразные светлые полосы в виде сот).**

Техника проявления сама по себе проста (требуется лишь внимание и аккуратность) и заключается в следующем. Вынутый из кассеты лист рентгеновской пленки зажимается в металлической рамке-пленкодержателе, после чего осторожно и плавно полностью погружается в проявляющий раствор. Затем рамка с пленкой 2—3 раза подряд приподнимается и опускается для удаления воздушных пузырьков с пленки и бачок с проявителем накрывается крышкой. Указанная последовательность обеспечивает полное смачивание эмульсионного слоя раствором проявителя и удаление с его поверхности пузырьков воздуха. Если не будут удалены пузырьки воздуха, то в этих местах будет прегражден доступ проявителя к эмульсионному слою и на

рентгеновском снимке получатся различной величины прозрачные точки. В случае неполного погружения пленки в проявляющий раствор **оставшиеся на воздухе участки эмульсионного слоя подвергнутся окислению с последующим появлением на снимке желтой вуали**. Время проявления контролируется по фотолабораторным часам, звуковой сигнал их напоминает об истечении установленного на них времени. Первый визуальный контроль хода проявления и качества снимка осуществляется по истечении 5 минут с момента погружения пленки в раствор. До завершения процесса проявления пленку часто и **надолго вынимать из проявителя нельзя**, так как на снимке появится общая серая вуаль (**воздушная вуаль**). Причиной возникновения воздушной вуали является окисление проявителя на поверхности пленки кислородом воздуха. По окончании проявления рамку с рентгеновской пленкой вынимают из проявителя и некоторое время держат над бачком с наклоном на один из углов, не вынимая ее полностью. Это делается для того, чтобы с пленки и рамки стекла обратно в бачок излишки проявляющего раствора. **Затем рентгеновскую пленку переносят в стоп-ванну.**

Остановка проявления снимка. До фиксирования снимка надо удалить из его эмульсионного слоя проявляющий раствор. Для этого, а также для сохранения фиксирующих свойств закрепителя служит **кислый останавливающий проявление раствор — стоп-ванна**. С каждой проявленной пленкой в фиксаж переносится какое-то количество проявителя (один лист сухой пленки 30х40 см впитывает до 10 мл проявителя). Для того, чтобы из эмульсионного слоя быстрее вымывались остатки проявителя и нейтрализовалась щелочь в эмульсионном слое, рекомендуется пленку опустить в сосуд со стоп-раствором, затем вынуть ее и дать раствору стечь, после чего опять опустить в раствор. Так надо делать 3—4 раза в течение 20—30 сек. После последнего раза, когда с пленки и рамки стечет раствор, снимок пере-

носится в сосуд с закрепителем. Если вместо применения кислото-стоп-раствора производить только ополаскивание в обыкновенной воде, то действие проявителя, оставшегося в эмульсионном слое снимка, будет продолжаться, а фиксаж ощелачиваться и быстро становится негодным.

Стоп-раствор готовят из холодной водопроводной воды с добавлением 20—30 мл ледяной уксусной кислоты или 40 г мета-бисульфита калия на один литр воды. Средний из трех бачков комплекта для химико-фотографической обработки рентгеновской пленки предназначен для стоп-раствора. При проявлении в ванночках между проявителем и фиксажем надо ставить ванночку со стоп-раствором. Кислотность стоп-ванны надо проверять синей лакмусовой бумагой.

После полного погружения в фиксирующий раствор в течение первых 10 секунд рамка с рентгеновской пленкой несколько раз приподнимается и опускается. Примерно через 1 мин этот прием повторяется, после чего бачок накрывается крышкой и рентгеновский снимок остается в фиксаже до полного завершения процесса фиксирования. Неоднократное перемещение пленки способствует равномерному действию фиксажа на всю поверхность эмульсионного слоя и в какой-то степени обеспечивается перемешивание раствора, в результате чего процесс фиксирования ускоряется и делается более полноценным. Кроме того, исключается слипание листов рентгеновской пленки. При фиксировании необходимо следить за тем, чтобы вся поверхность рентгеновской пленки была доступна раствору, так как при соприкосновении пленок между собой замедляется и в некоторых случаях совершенно прерывается процесс фиксирования. **Процесс фиксирования прерывать раньше времени нельзя, так как оставшиеся в эмульсионном слое соли даже в незначительных количествах впоследствии или сразу вызывают появление на рентгеновских снимках желто-коричневых пят**

тен. Выше указывалось на то, что процесс фиксирования состоит из двух стадий. На каждую стадию уходит примерно одинаковое время. Окончание первой стадии фиксирования легко установить визуально по исчезновению всех видимых следов молочно-мутной «окраски» эмульсии рентгеновской пленки, то есть, следов бромистого серебра. Окончание второй стадии фиксирования определяется по времени, по часам. В фотографии существует правило, что **для полного завершения процесса фиксирования негатив надо фиксировать в два раза дольше, чем проявлять.** Это правило приемлемо для фиксирования рентгеновской пленки, если проявление ведется в стандартном проявителе, а фиксирование — в кислом фиксаже при одинаковой температуре растворов. После завершения процесса фиксирования рамка с рентгеновской пленкой вынимается из раствора и некоторое время держится над открытым бачком с наклоном на один из углов. В таком положении рамку надо держать до тех пор, пока фиксирующий раствор не стечет с пленки и рамки. Затем рамку с рентгеновской пленкой можно опустить в бак с проточной водой для окончательной промывки. Следует помнить, что **до завершения процесса фиксирования рентгеновскую пленку вынимать из раствора и рассматривать на негатоскопе нельзя, в противном случае на рентгеновских снимках могут появиться багряно-красные пятна и полосы, особенно при употреблении старого раствора.**

В случаях нарушения правил фиксирования на рентгеновских снимках могут появиться следующие дефекты.

При слишком коротком времени фиксирования или при фиксировании в слишком теплом растворе появляется **дихроическая или желтая вуаль.** Дихроическая вуаль появляется и в тех случаях, когда при фиксировании слипаются или прикасаются к стенке бачка пленки, или в результате неполноценной обработки пленки в стоп-растворе после проявления или истощения этого

раствора. Дихроическая вуаль может появиться и при загрязнении проявителя раствором фиксажа или когда фиксаж недостаточен кислый или истощен (в последнем случае может появиться еще и желтая вуаль). Дихроическая вуаль имеет желтовато-зеленый или красновато-зеленый цвет при рассматривании снимка в отраженном свете, и розовый — в проходящем свете.

Молочный налет на рентгеновских снимках может быть при недостаточно продолжительном фиксировании либо при фиксировании в истощенном и малоцентрированном растворе тиосульфата натрия. Если неправильно составлен фиксирующий раствор или раствор переокислен, или загрязнен щелочью проявителя и сильно истощен, или долгое время оставался открытым при повышенной температуре, то на рентгеновских снимках появляется **желтовато-белый или белесовато-серый** (подобный кальциевому осадку) налет. После фиксирования рентгеновской пленки в растворе фиксажа остается некоторое количество серебра, а именно: от 5 до 20 г после фиксирования одного квадратного метра пленки. *Отработанный фиксирующий раствор выливать нежелательно. Остатки серебра должны собираться и сдаваться на приемные пункты, местонахождение которых указано в соответствующих инструкциях и приказах. Сбором и сдачей серебра и серебросодержащих отходов следует заниматься всем работникам рентгеновских кабинетов и не от случая к случаю, а систематически.*

К промывке рентгеновских снимков предъявляются два основных требования — быстрота и полнота. Сущность процесса промывки заключается в том, что тиосульфат натрия и другие вещества переходят из эмульсионного слоя в промывную воду. Окончательная промывка производится перед сушкой рентгеновских снимков. Промывка, как правило, производится под слабой (!) струей воды, скорость тока которой должна быть примерно 4 л в 1 мин. На полноту и скорость промывки влияет

температура воды. Например, при температуре воды 35° С для полной промывки требуется 10 мин, при 30° С — 15 мин, при 25° С — 20 мин, при 15° С достаточно 35 мин, при 10° С - 40 мин. При этом не следует забывать о том, что **ретикуляция на рентгеновских снимках появляется при большой разнице в температуре** проявителя, фиксажа и промывной воды. Обычно качественная промывка рентгеновских снимков завершается не раньше чем через 30 мин после погружения пленки в бак с проточной водой. При наличии горячего водопровода к обоим бакам следует подводить через смеситель холодную и горячую воду. Это позволяет производить промывку снимков в воде с температурой 20—25° С, что ускоряет и улучшает окончательную промывку, а также регулировать температуру растворов в бачках бака-термостата, если неисправен электроподогреватель. При отсутствии в фотолаборатории водопровода промывку рентгеновских снимков можно производить в воде, сменяемой 6 раз через каждые 5 мин. В случае надобности процесс промывки может быть ускорен следующим способом. После 5-минутной промывки рентгеновского снимка в новую порцию воды прибавляется 20%-ный раствор марганцовокислого калия по 8—10 мл на каждый литр воды. Раствор становится сразу же светлым. После этого необходимо опять добавлять такое же количество раствора марганцовокислого калия и добавлять до тех пор, пока раствор не перестанет обесцвечиваться. Тогда процесс промывки можно считать законченным. **При неполноценной промывке изображение на рентгеновском снимке с течением времени «выцветает», т. е. покрывается пятнами, изменяет цвет, тускнеет.** В некоторых случаях остатки тиосульфата натрия выкристаллизовываются и портят снимок, обесцвечивают изображение. **При очень длительной промывке в холодной воде на рентгеновском снимке появляется ретикуляция.** Тоже самое будет при прикосновении теплых рук к разбухшему эмульсионному

слою. При ретикуляции эмульсионный слой имеет **вид мозаики с мелкими трещинами**. При затянувшейся промывке в теплой воде эмульсия сильно набухает, и при неблагоприятных условиях сушки она может быть поражена и разрушена бактериями, в результате чего рентгеновский снимок будет испорчен. По окончании промывки рентгеновский снимок подвергается сушке.

Сушка — это простой рабочий процесс, но все же он требует должного внимания, в противном случае на рентгеновских снимках могут появиться дефекты, которые часто нельзя исправить. Сущность процесса сушки заключается в испарении в воздух воды с поверхности рентгеновского снимка и переходе воды из внутренних частей эмульсионного слоя к поверхности, с последующим испарением новых порций воды, достигшей поверхности рентгеновского снимка. Самый лучший способ сушки рентгеновских снимков — это сушка их в специальных сушильных шкафах, но при условии, если в них поддерживается постоянная температура и в помещении нет пыли. **Перед тем, как повесить для сушки рентгеновский снимок, с обеих его сторон следует удалить избыток влаги и капли воды.** Избыток влаги и капли воды удаляются при помощи намоченной в воде и слегка отжатой гигроскопической ваты или при помощи прокатки пленки между двумя валиками из чистой губки. Удалением избытка влаги и капель воды ускоряется сушка, а также предотвращается образование дефектов, о которых будет сказано ниже. Сушку рентгеновских снимков следует производить в теплом сухом помещении, свободном от пыли. Ни в коем случае нельзя сушить снимки в непроветриваемом теплом помещении с **высокой влажностью воздуха**. В противном случае размягченная желатина может быть повреждена, т. е. **поражена бактериями**, и на рентгеновских снимках появятся неустраняемые дефекты в виде **маленьких светлых пятнышек** с нечетко очерченными краями. Производить сушку в **неотапливаемом по-**

мещении также нельзя, так как сырой эмульсионный слой **замерзнет** и на рентгеновских снимках появится **ретикуляция**. Во время сушки рентгеновские снимки нельзя переносить в более холодное или более теплое помещение. Также нельзя производить сушку на сквозняке или вблизи нагревательных приборов. Следует помнить, что неравномерное высыхание эмульсионного слоя ведет к образованию на рентгеновских снимках **подтеков и к появлению ретикуляции**, которые удалить невозможно. Частично высохшие снимки вновь промывать в воде нельзя, так как при этом образуется неравномерное натяжение эмульсионного слоя, что почти всегда является причиной появления на снимках полос. На совершенно сухие снимки вторичная промывка вредного действия не оказывает. Сушить рентгеновские снимки около печки, на солнце или в помещении с температурой воздуха выше 25° С нельзя, так как может расплавиться эмульсионный слой. Нельзя допускать, чтобы на недохший снимок попала вода, так как на сухом снимке получится неравномерная поверхность эмульсионного слоя. Все высушенные рентгеновские снимки должны быть рассортированы и должным образом оформлены.

Оформление

Оформлению подлежат только качественные рентгеновские снимки, так как в соответствии с существующим положением некачественные снимки в архиве не сохраняются. Но бывают случаи, когда на рентгеновском снимке плохого качества можно дополнительно увидеть то ценное для диагностики, чего иной раз не увидишь на правильном, качественном, снимке.

Определение качества рентгеновского снимка начинается с общего осмотра. Сначала рентгеновский снимок рассматривается с обеих сторон в отраженном свете, под косым углом. При

этом выявляются возможные дефекты обработки — пятна, царапины, пузыри и другие артефакты на эмульсионном слое. Следует помнить, что рентгеновский снимок можно держать только за края, так как соприкосновение пленки с пальцами или предплечьем, в особенности в летнее время, ведет к появлению артефактов. В дальнейшем рентгеновский снимок рассматривается в проходящем свете. Для этой цели лучше всего использовать негатоскоп с обязательным диафрагмированием поля вокруг снимка. **При оценке качества рентгеновского снимка обращается внимание на контрастность и резкость изображения.** Кроме того, на качественном снимке хорошо видна **структура объекта**, если она ему присуща, а участки пленки, не прикрытые объектом исследования, отличаются равномерным почернением. **При установке рентгеновского снимка на негатоскоп необходимо соблюдать следующее правило: рентгеновский снимок любой части тела располагается против хода рабочего пучка рентгеновых лучей, иными словами, рассматривается так, как будто пациент стоит за экраном для просвечивания**, а врач-рентгенолог непосредственно видит на экране изображение данной части тела **пациента**. Рентгенограмму следует устанавливать на негатоскопе так, чтобы проксимальный отдел объекта находился сверху. Исключение делается только для рентгенограмм стопы, кисти, запястья и лучезапястного сустава. Рентгенограммы этих отделов конечностей располагаются таким образом, чтобы фаланги пальцев находились сверху. После определения качества рентгеновского снимка приступают к его оформлению.

Под оформлением подразумевается обрезка и маркировка снимка. Обрезка краев снимка, как правило, не производится, так как все рентгенограммы, за некоторым исключением, должны быть стандартных размеров; **срезаются только углы**, чтобы они не прокалывали конверт. Во время рентгенографии

маркировка снимков осуществляется свинцовыми буквами «ПР» и «ЛВ» и нумератором с грифом учреждения, которые кладутся на кассету. Буква, обозначающая сторону объекта, помещается в верхнем углу кассеты, а нумератор, указывающий порядковый номер снимка по журналу, — в нижнем углу. Кроме того, желательно иметь набор цифр, которые могут быть вырублены из свинца или меди. Цифрами обозначается время рентгенографии (при внутривенной пиелографии, холецистографии и так далее), глубина томографируемого слоя, порядковый номер снимка при лимфографии, флебографии и так далее. Цифры помещаются на кассете под буквой.

На готовой рентгенограмме надписывается: ФИО хозяина, вид животного, возраст, пол, кличка; дата рентгенографии и фамилия рентгенолога, производившего рентгенографию. Для надписей на рентгеновских снимках рекомендуется пользоваться плакатной краской — гуашью (цинковыми белилами). Перед употреблением краска незначительно разбавляется водой. Надписи на снимках производятся параллельно нижнему краю снимка. В некоторых рентгеновских кабинетах маркировка рентгеновских снимков производится с помощью бумажных наклеек. В этих случаях этикетки следует наклеивать вне изображения на рентгеновском снимке, лучше всего в нижнем углу снимка справа. Оформление рентгеновских снимков, в том числе и надписи на них, также, как и установка рентгенограмм на негатоскоп, должно производиться в соответствии с проекцией. Например, рентгеновский снимок грудной клетки в прямой передней проекции располагается таким образом, чтобы левая сторона грудной клетки пациента находилась против правой стороны рентгенолога, и, наоборот, рентгеновский снимок грудной клетки в прямой задней проекции располагается так, чтобы правая сторона грудной клетки пациента находилась справа от рентгенолога. То же относится и к рентгеновским снимкам таза,

почек и других органов в этой проекции. Маркировке рентгеновских снимков следует всегда уделять особое внимание.

Техника скоростной обработки рентгеновской пленки. На химико-фотографическую обработку экспонированной рентгеновской пленки в обычных условиях (при сушке снимка в сушильном шкафу) затрачивается не менее **100—120 мин.** Однако бывают случаи, когда требуется получить готовый снимок в самый кратчайший срок. Современный уровень химико-фотографической обработки экспонированных фотографических материалов позволяет получить готовый рентгеновский снимок в течение **3—15 мин.** Для этой цели рекомендуется следующий состав проявителя:

Раствор А. Вода (30—45° С) 600 мл., метол 5 г., сульфит натрия безводный 40 г., гидрохинон 6 г., бромистый калий 1,5 г., вода холодная до 800 мл.

Раствор Б. Едкий натр 18 г, вода холодная до 200 мл.

Перед употреблением смешать 4 части раствора А с 1 частью раствора Б. Время проявления при 20° С — 20—45 сек. Сохраняемость без использования (при раздельном хранении основного раствора и раствора едкой щелочи): в плотно закупоренной, наполненной доверху бутылки — 4 месяца; а в закрытой, наполненной наполовину бутылки — 2 месяца; в ванночке — 4 часа. Для прекращения процесса проявления вынутую из проявителя рентгеновскую пленку следует ополоснуть в прерывателе. Рекомендуется следующий **состав стоп-раствора:** уксусная кислота ледяная 20 мл, вода холодная до 1 л. Продолжительность ополаскивания — 15 сек, после чего пленка переносится в ванночку с фиксирующим раствором, приготовленным по следующему рецепту: вода (50—60° С) 600 мл., тиосульфат натрия кристаллический 50 г., хлористый аммоний 50 г., сульфит натрия безводный 20 г., уксусная кислота ледяная 15 мл., борная кислота кристаллическая 8 г., алюмокалиевые квасцы 20 г., вода

холодная до 1 л. Фиксировать рентгеновский снимок следует до наступления момента осветления. Сохраняемость фиксирующего раствора без использования: в закрытой бутылки при 18° С — 4 месяца. После фиксирования рентгенограмму в течение двух минут промывают под струей воды, после чего с ее поверхности удаляют избыток влаги и ее переносят в раствор для «сушки». Для «сушки» можно использовать либо 90%-ный раствор этилового спирта, либо насыщенный раствор поташа (K_2CO_3). В первом растворе рентгенограмма должна находиться 2 — 2,5 мин, а во втором — 3 — 4 мин. **Метиловый (древесный) спирт для сушки снимков не годится, так как он растворяет подложку рентгеновской пленки. Использовать неразбавленный этиловый спирт нельзя, так как желатина обезвоживается и мутнеет.** После того как стечет избыток спиртового раствора, рентгенограмму следует подвесить для окончательной сушки в потоке воздуха от вентилятора или фена. Как уже было сказано, временная сушка рентгеновских снимков может быть произведена в концентрированном растворе поташа (110 г поташа на 100 мл горячей воды) Раствор должен быть нормальной температуры (18° С). По истечении указанного выше времени снимок вынимают из раствора и осушают (промокают) с обеих сторон фильтровальной бумагой, после чего сухим ватным тампоном с него снимают остатки влаги.

В результате скоростной обработки все рентгенограммы получаются недофиксированными, и с течением времени они могут испортиться (появится цветная вуаль, выцветут, могут покрыться пятнами и т. д.). Для того, чтобы этого не произошло, все рентгенограммы, обработанные скоростным способом, надо дофиксировывать. Если сушка производилась в спирте, то для этого достаточно размочить рентгенограмму в ванночке с водой, основательно промыть в проточной воде и дофиксировать. Затем подвергнуть нормальной промывке и

сушке. Если сушка производилась в насыщенном растворе поташа, то поступают следующим образом. Рентгенограмму кладут в ванночку и наливают немного воды, которая должна покрывать лишь эмульсионный слой. Через некоторое время, слив воду, опять наливают такое же количество воды. Так повторяют несколько раз. Затем рентгенограмму основательно промывают и фиксируют. После этого следует окончательная промывка и сушка в обычных условиях. Результаты скоростной обработки рентгеновских снимков в каждом отдельном случае зависят от качества фотографических растворов, от чистоты, аккуратности и от технических навыков рентгенолога. При скоростной обработке увеличивается опасность появления на рентгеновских снимках своеобразного сетчатого узора — ретикуляции и других неустраняемых дефектов. Температура растворов и воды на всех этапах скоростной обработки должна быть одинаковой или с разницей хотя бы не более $1\text{—}2^\circ\text{C}$. Скоростную химико-фотографическую обработку рентгеновских снимков, в отличие от обычной, производят в ванночках. Визуальный способ проявления в ванночках врачам-рентгенологам хорошо известен. Однако здесь надо особо отметить что одним из обязательных условий при скоростной обработке **является непрерывное энергичное покачивание ванночек** с обрабатываемой пленкой на всех этапах химико-фотографического процесса во избежание появления артефактов.

Вопросы для самоконтроля

- 1 В каких состояниях может находиться рентгеновская пленка в процессе ее эксплуатации?
- 2 Перечислить этапы фотохимической обработки экспонированной рентгеновской плёнки.
- 3 Механизм проявления экспонированной рентгеновской

плёнки.

4 Зачем нужно промывать плёнку после проявления?

5 Механизм фиксирования проявленной рентгеновской плёнки.

6 Зачем нужно промывать плёнку после фиксирования?

7 Какие вещества чаще всего используются в качестве проявляющих веществ?

8 Что используют в качестве вещества, ускоряющего проявление?

9 Что используют в качестве противовуалирующего вещества?

10 Зачем необходимо и как проводится освежение проявителя?

11 Из каких стадий состоит процесс фиксирования ?

12 Признаки истощения фиксирующего раствора.

13 Зачем нужна останавливающая или стоп-ванна?

14 Зачем нужны дубящие фиксажи?

15 Дефекты изображения при нарушении правил проявления.

16 Дефекты изображения при нарушении правил фиксирования.

17 Правила оформления снимка.

Лабораторно-практическое занятие 7
Критерии оценки качества рентгенограмм
(оптическая плотность, контрастность, резкость,
разрешающая способность).

Рентгенография жестким излучением

Качество рентгеновского снимка, с технической точки зрения, определяется оптической плотностью почернения, контрастностью и резкостью изображения.

Под оптической плотностью почернения понимается плотность почернения рентгеновской пленки. На слишком светлых (прозрачных) или слишком темных (непрозрачных) рентгенограммах изображение видно очень плохо. Только при некоторых средних величинах оптических плотностей почернения определяется наилучшая различимость деталей рентгеновского изображения.

Степень почернения светочувствительного слоя любого негативного фотографического материала характеризуется его прозрачностью, то есть, способностью проявленного слоя пропускать определенную часть падающего на него света. Например, если прозрачность данного участка почернения фотографического слоя равна $1/10$ то световой поток, выходящий из слоя, в 10 раз меньше светового потока, падающего на слой. Прозрачность различных веществ может меняться в широких пределах. Если за наивысшее возможное значение прозрачности принять прозрачность тела, пропускающего полностью падающий на него свет, и обозначить это значение единицей (1), то возможные изменения величины прозрачности для различных реальных тел природы будут находиться в пределах от 1 до 0. Прозрачность всех светочувствительных слоев фотографических материалов на прозрачной основе всегда меньше единицы и составляет от нее большую или меньшую часть.

Чтобы не иметь дела с дробными малыми величинами при измерении прозрачности, принято пользоваться производной величиной — **непрозрачностью, то есть, величиной, обратной прозрачности.**

Эта величина показывает, во сколько раз ослабляется интенсивность светового потока после прохождения его через соответствующее почернение пленки. Например, если коэффициент пропускания слоя составляет $1/20$, то непрозрачность будет равна 20. Изменение непрозрачности происходит численно в более широких пределах, чем изменение прозрачности (от 1 до бесконечности). Практически степень почернения различных участков снимка принято оценивать не степенью его непрозрачности, а величиной оптической плотности почернения, которая представляет собой десятичный логарифм непрозрачности. Единицей оптической плотности почернения служит плотность такого участка эмульсионного слоя, который пропускает $1/10$ падающего на него света. Для перехода от непрозрачности к оптической плотности почернения достаточно взять логарифм непрозрачности. Между экспозицией и вызываемым ею потемнением эмульсионного слоя фотографического материала существует определенная зависимость. Если отдельные участки эмульсионного слоя подвергнуть неодинаковому времени экспонирования, то после проявления фотографического материала можно легко заметить, что более длительному времени экспонирования соответствует большее почернение и наоборот. Следовательно, **прозрачность освещенных полей, в зависимости от степени почернения каждого участка слоя, для прохождения через эти участки светового потока будет различной.** На слишком светлых (прозрачных) или слишком темных (непрозрачных) участках рентгеновского снимка изображение видно очень плохо. Только при некоторых средних величинах оптических плотностей почернения (от 0,5 до 1,5) определяется

наилучшая различимость деталей как рентгеновского, так и любого фотографического изображения.

Под контрастностью понимается разность плотностей почернения двух соседних участков или деталей рентгеновского снимка. В практических условиях о степени контрастности судят не по разности плотностей почернения двух соседних участков снимка, а по различию света, прошедшего сквозь отдельные участки пленки и воспринятого нашим глазом. Контраст, воспринимаемый нашим глазом, называется субъективным контрастом и является лишь косвенным мерилom объективного контраста, который характеризуется разностью плотностей почернения двух соседних участков снимка. Как уже было сказано, наилучшая различимость достигается при средних оптических плотностях деталей исследуемого объекта. Если рентгеновское изображение будет очень контрастным, то изучение рентгеновского снимка будет затруднено и наиболее мелкие детали останутся незамеченными. Необходимо стремиться не к максимальному контрасту, что очень часто наблюдается, а к оптимальному, при котором обеспечивается наилучшая различимость деталей рентгеновского изображения.

Максимальный контраст возможен лишь при работе на пониженных напряжениях. Следует заметить, что снимки с максимальным контрастом изображения не отвечают современным требованиям рентгенодиагностики. **Восприятие контраста в значительной степени зависит от размеров деталей.** Чем меньше размеры деталей исследуемого объекта, тем больше должна быть контрастность, и, наоборот, чем больше размеры деталей, тем при меньшей контрастности изображения они еще будут замечены нашим глазом. Восприятие контраста также зависит от резкости изображения. Если деталь исследуемого объекта имеет резкие границы, то не требуется большой контрастности изображения и наоборот. Из сказанного следует — **чем**

резче изображение, тем меньший контраст его может быть допущен без ущерба для качества рентгеновского снимка, и, наоборот, нерезкое изображение требует увеличения его контрастности, в противном случае выявление деталей изображения будет ухудшено.

Освещение в негатоскопе. При рассматривании рентгеновских снимков на негатоскопе мы судим о контрастности рентгеновского изображения субъективно, то есть, путем сравнения оптических плотностей почернения отдельных участков пленки. Иногда не учитывается, что каждому контрасту соответствует своя освещенность в негатоскопе. Малые различия оптических плотностей почернения наш глаз лучше различает при среднем освещении, а большие — требуют повышения освещения в негатоскопе. Таким образом, контрастность рентгеновского снимка в какой-то степени косвенно зависит от освещения в негатоскопе. Наиболее приемлема умеренная контрастность. Вообще же **контрастность рентгеновского изображения находится в прямой зависимости от:**

- **самого объекта исследования;**
- **качества рентгеновского излучения;**
- **свойств рентгеновской пленки;**
- **химико-фотографической обработки рентгеновского снимка.**

Естественная контрастность. Естественная контрастность рентгеновского изображения образуется в результате того, что рентгеновские лучи, проходя через исследуемый объект, ослабляются его различными частями по-разному. Степень ослабления их зависит от химического состава объекта, его плотности и толщины. Контрастность рентгеновского изображения, обусловленная самим объектом исследования, нами, за некоторыми исключениями, не может быть изменена.

Качество рентгеновского излучения. С увеличением

напряжения на рентгеновской трубке увеличивается проникающая способность рентгеновского излучения (его жесткость). **С увеличением жесткости излучения увеличивается количество рассеянного излучения,** которое является причиной появления на рентгеновских снимках диффузной вуали. Вуаль, в свою очередь, уменьшает разность оптических плотностей почернения, что, естественно, приводит к понижению контрастности изображения. Возможно, что понижение контрастности изображения является причиной осторожного отношения большинства работников рентгеновских кабинетов к методике рентгенографии лучами повышения жесткости. Возможно и то, что внешний вид снимка при повышенной жесткости излучения несколько отличается от снимка, сделанного при обычном напряжении. **Увеличение напряжения на рентгеновской трубке действительно снижает контрастность всего изображения в целом, но зато очень мало влияет на передачу мелких деталей, на их восприятие нашим глазом.** Здесь уместно напомнить, что повышенная контрастность изображения придает рентгеновскому снимку лишь внешний эффект, но не является достоинством. Возможно, что осторожное отношение большинства работников рентгеновских кабинетов к методике рентгенографии лучами повышенной жесткости вызвано еще и тем, что самыми распространенными причинами брака рентгеновских снимков до сих пор являются переэкспонирование с недопроявлением и отсутствие решеток для «жесткой» техники. По всей вероятности, указанные причины брака рентгеновских снимков являются тем самым главным препятствием, стоящим на пути освоения методики рентгенографии при повышенных напряжениях на рентгеновской трубке. Устранение многих причин, тормозящих освоение и распространение прогрессивной методики рентгенографии, в значительной мере зависит только от самих работников рентгеновских кабинетов. Бесспорным преимуще-

ством работы на повышенных напряжениях является то, что **снижается доза рентгеновского излучения как на коже больного, так и внутри организма за счет резкого сокращения выдержки.** Сокращение выдержки, в свою очередь, способствует повышению качества рентгеновского снимка, то есть, резкости изображения. Кроме того, при работе на повышенных напряжениях можно без вреда для больных, но при строгом соблюдении фильтрации излучения производить большее количество рентгеновских снимков, что очень важно при серийных исследованиях. Жесткое излучение позволяет получить на рентгенограмме большее число деталей во всей глубине исследуемого объекта. На рентгеновском снимке, произведенном при повышенной жесткости излучения, хорошо видны в деталях как костная, так и мягкая ткани.

Для того, чтобы на рентгеновском снимке можно было различить те малые контрасты, с которыми приходится встречаться при рентгенографии, следует использовать рентгеновскую пленку с большим коэффициентом контрастности. Кроме того, от коэффициента контрастности рентгеновской пленки зависит предел повышения напряжения на рентгеновской трубке. Чем больше величина коэффициента контрастности рентгеновской пленки, тем большая величина напряжения может быть приложена к рентгеновской трубке и наоборот. Ткани тела человека и животных обладают столь малыми контрастами, что фотографические пленки или пластинки не в состоянии передать их. Наиболее подходящей в этом отношении является двусторонняя рентгеновская пленка, на которой эмульсионный слой нанесен с двух сторон подложки. На рентгеновской пленке с двусторонним поливом эмульсии получают как бы два отдельных, наложенных друг на друга малоконтрастных и недоэкспонированных снимка. В результате чего плотность почернения суммируется и тем самым получается

один снимок с оптимальной плотностью почернения и контрастностью.

Химико-фотографическая обработка рентгеновского снимка. Режим проявления экспонированной рентгеновской пленки в значительной мере влияет на контрастность изображения. Несоблюдение времени проявления, температуры раствора, частое вынимание рентгеновского снимка из проявителя, несоответствие рецепта проявителя данному эмульсионному слою и целый ряд других нарушений снижают технические качества рентгеновских снимков. Значительная часть неудач при рентгенографии относится за счет неправильного режима проявления рентгеновских снимков.

Правильно проявленным можно считать рентгеновский снимок лишь в том случае, если при рассмотрении его на негатоскопе не виден палец, помещенный между снимком и негатоскопом за той его частью, где имеется почернение от первичного излучения, не ослабленного объектом съемки. Если тень пальца видна, а снимок дольше проявлять нельзя из-за возможности перепроявления, то, следовательно, экспозиция при съемке была слишком велика. Такую проверку следует делать каждый раз, когда снимок проверяется на правильность примененных режимов съемки и фотографической обработки. **Чаще всего причиной серого изображения является недопроявление из-за переэкспонирования при съемке.** Для получения оптимальных контрастов рентгеновского изображения рентгенограмму следует проявлять в стандартных условиях, то есть, определенное время при данной температуре раствора, состав которого должен соответствовать обрабатываемому фотографическому материалу, например, 8 мин при 18° С в стандартном рентгеновском проявителе.

Усиливающие экраны для рентгенографии. Основным назначением является усиление рентгеновского изображения и

увеличение контрастности его. Они снижают также долю рассеянного излучения в общей интенсивности рентгеновского излучения, доходящего до пленки, и тем самым повышают контрастность изображения. Рентгенография с двумя усиливающими экранами позволяет значительно повысить напряжение на рентгеновской трубке без заметного уменьшения контрастности рентгеновского снимка. Повышение напряжения на рентгеновской трубке, в свою очередь, позволяет сократить время экспозиции, в результате чего уменьшается динамическая нерезкость изображения и вместе с тем повышается субъективный контраст. С уменьшением динамической нерезкости и с повышением субъективного контраста значительно возрастает диагностическая ценность рентгеновского снимка.

Резкость изображения

Под резкостью понимается четкость контуров рентгеновского изображения в целом или отдельных деталей его. Чем выше резкость рентгеновского изображения, тем легче просматриваются мелкие детали на рентгеновском снимке. Если учесть, что начальные стадии заболеваний вызывают небольшие изменения в органах или тканях, то резкость рентгеновского изображения играет весьма существенную роль в рентгенодиагностике.

О резкости изображения судят по непосредственному (скачкообразному) переходу одного почернения в другое. Если одно почернение постепенно переходит в другое, то это говорит о нерезкости изображения. Нерезкость — это смазанность контуров двух соседних деталей изображения. Причем под нерезкостью обычно понимается половина ширины размытости перехода от одной оптической плотности почернения к другой, выраженной в миллиметрах. Резкость рентгеновского изображения на рентгеновском снимке зависит от многих причин. Суммарная

нерезкость складывается из отдельных нерезкостей, вызванных различными факторами. **Суммарная нерезкость равна средней квадратичной нерезкости и никогда не может быть меньше одной какой-либо отдельной нерезкости. В основном суммарная нерезкость складывается из динамической нерезкости, экранной и геометрической нерезкости.**

Динамическая нерезкость. Динамическая нерезкость от движения (пациента, трубки, кассеты) приводит к исчезновению мелких деталей в рентгеновском изображении, что в значительной степени снижает диагностическую ценность рентгенограммы. Для ослабления влияния произвольных движений пациента на качество рентгеновского снимка пациент должен быть удобно устроен, а исследуемая область фиксирована различными приспособлениями, как-то: компрессионный пояс, валики, подушечки, мешочки с песком, подставки и т. д. Более устойчивое положение пациента достигается тогда, когда он лежит на столе для рентгеновских снимков. В тех случаях, когда все принятые меры не обеспечивают должной неподвижности пациента, **рентгенография производится с возможно короткой выдержкой.** Для уменьшения динамической нерезкости за счет произвольных движений отдельных органов единственным средством является сокращение выдержки, что в практических условиях очень часто не учитывается.

Экранная нерезкость. Отечественные усиливающие экраны для рентгенографии обладают собственной нерезкостью, которая имеет величину около 0,3 мм. В связи с этим **рентгенографию мелких костей лучше всего производить на рентгеновской пленке без усиливающих экранов.** Не следует забывать о нерезкости, возникновение которой связано с **неплотным прилеганием усиливающих экранов** к поверхности рентгеновской пленки. В таких случаях нерезкость становится еще больше за счет рассеяния светового излучения экранов. Для

уменьшения нерезкости изображения при рентгенографии с усиливающими экранами следует следить за плотностью прилегания их ко всей поверхности рентгеновской пленки.

Рентгеновская пленка. Очень редко источником нерезкости рентгеновского изображения является зернистость эмульсионного слоя пленки. Величина зерна бромистого серебра и толщина самого эмульсионного слоя по сравнению с прочими факторами настолько малы, что этим пренебрегают. Однако необходимо напомнить, что при неправильной химико-фотографической обработке рентгеновского снимка зернистость изображения может увеличиться до столь значительных размеров, что нерезкость изображения будет видна невооруженным глазом.

Геометрическая нерезкость. Совершенное, резкое изображение может быть получено только в том случае, если рентгеновские лучи будут выходить из точечного источника. Если они выходят не из точечного фокуса, а из площадки, то на рентгеновском снимке появляются не только тени, но и полутени, которые размывают контуры деталей изображения, то есть, появляется геометрическая нерезкость. **Неплотное прилегание объекта** исследования к рентгеновской пленке также является причиной нерезкости изображения, так как отдаление объекта от пленки вызывает появление полутеней. Увеличение нерезкости изображения также происходит с **уменьшением расстояния между фокусом рентгеновской трубки и рентгеновской пленкой**. С уменьшением этого расстояния величина полутеней вокруг тени на рентгеновском снимке увеличивается, то есть, геометрическая нерезкость возрастает. Уменьшению геометрической нерезкости способствуют **уменьшение расстояния между объектом исследования и рентгеновской пленкой и увеличение расстояния между фокусом рентгеновской трубки и пленкой**. Геометрическая нерезкость также может быть уменьшена за счет замены рентгеновской трубки с большим

фокусом на рентгеновскую трубку с малым (острым) фокусом. Использование рентгеновской трубки с очень малой величиной фокуса (не более $0,3 \times 0,3$ мм) особенно важно при рентгенографии с непосредственным увеличением рентгеновского изображения. Повторные перегрузки рентгеновской трубки и работа с высоким коэффициентом нагрузки приводят к образованию трещин и неровностей на зеркале анода, что, при прочих равных условиях, увеличивает нерезкость рентгеновского изображения. К сказанному необходимо добавить, что **неровности вольфрамового зеркала могут привести к уменьшению интенсивности рентгеновского излучения до 50% от первоначальной**, что в свою очередь приводит к недодержкам при рентгенографии. Поэтому в процессе эксплуатации рентгеновской трубки необходимо следить за состоянием фокусного пятна на зеркале анода и не допускать его растрескивания и оплавления. То и другое хорошо видно через выходное окно в кожухе рентгеновской трубки при включенном накале нити катода.

Кассета для рентгенографии. Размеры кассеты для рентгенографического исследования того или иного объекта в каждом отдельном случае выбираются с учетом экономии рентгеновской пленки и целесообразности. Для более точного направления центрального луча рабочего пучка рентгеновых лучей на центр кассеты и облегчения выполнения укладок все кассеты необходимо разметить. Для этого соединяют насечки на металлическом обрамлении дна кассеты двумя взаимно перпендикулярными линиями, то есть, дно кассеты делится на четыре равные части. Кассеты всегда должны быть в исправном состоянии. Особое внимание следует обращать на их светонепроницаемость и исправность замков. Необходимо иметь в виду, **что пластмасса, из которой сделано дно большинства кассет, пропускает красные и оранжевые лучи.** Длительное действие красных или оранжевых лучей на эмульсионный слой является причиной появления на

рентгенограммах световой вуали. В связи с этим не рекомендуется заряженные кассеты длительное время держать на ярком свете; **под усиливающий экран на дне кассеты рекомендуется подкладывать двойной лист плотной черной бумаги.** Усиливающие экраны должны плотно прилегать ко всей поверхности рентгеновской пленки. Для этого в случае надобности под усиливающий экран на дне кассеты рекомендуется подкладывать однородный лист картона и постоянно следить за исправностью замков. Проверка плотности прилегания экранов к пленке производится с помощью металлической проволочной сетки с отверстиями около 3—5 мм. Сетку кладут на испытуемую кассету и производят рентгенографию. При этом сетка должна плотно прилегать ко всей поверхности кассеты. В тех местах, где экраны неплотно прилегают к пленке, изображение сетки на рентгеновском снимке получится с размытыми контурами, то есть, нерезкое. Если усиливающий экран или эластическая прокладка частично или полностью отклеились, то их следует немедленно приклеить. Усиливающие экраны должны быть чистыми, без надломов и без нарушения целостности поверхностного защитного слоя. В противном случае на рентгенограммах могут появиться артефакты (артефакты — это различной величины и формы полосы, штрихи, пятна и т.д., вызываемые, различными погрешностями техники выполнения снимков). Случайные пятна смываются с поверхности экранов влажной ваткой, слегка смоченной в мыльной воде, после чего их протирают досуха. Пыль с поверхности экранов удаляется мягкой плоской кистью.

Кассеты, убранные для длительного хранения, следует хранить в картонных коробках, в закрытом виде, с вложенными между экранами листами мягкой прокладочной бумаги и обязательно в сухом отапливаемом помещении. Заряжать и разряжать кассеты, вскрывать коробки с рентгеновской пленкой, резать и производить какую-либо иную «сухую» работу с плен-

ками разрешается только на специально предназначенном для этого «сухим» столе, поверхность которого должна быть гладкой и чистой, в светонепроницаемом помещении фотолаборатории и при свете исправных фотолабораторных фонарей. Необходимо заметить, что **неисправное лабораторное освещение или работа вблизи лабораторного фонаря являются наиболее распространенными причинами появления на рентгенограммах серой вуали** (вуаль — это общее или местное почернение эмульсии фотографического материала, которое вызывается различными причинами, кроме самого процесса съемки). Устраивать неактиничное освещение, обтягивая электрическую лампочку красной материей или бумагой, нельзя, так как при таком «неактиничном» освещении всегда будет засвечиваться рентгеновская пленка. Также нельзя делать при помощи бумаги более темным лабораторное освещение, как это часто практикуется в рентгеновских кабинетах, когда бумага накладывается на светофильтр фотолабораторного фонаря. Кроме того, такой метод небезопасен в противопожарном отношении. Проверку качества фотолабораторных светофильтров следует производить один раз в полгода. **При перегреве на светофильтрах возникают повреждения, через которые может засветиться фотографический материал.** Засветка возможна и от света слишком ярких лампочек. Качество лабораторного защитного фильтра ухудшается при длительном хранении его на дневном и, особенно, на прямом солнечном свете. Фотолабораторные фонари не должны пропускать белого света. Поэтому следует заботиться о полной их светонепроницаемости. Все фотолабораторные фонари должны находиться от рабочих мест в фотолаборатории не ближе 70—100 см. Чаще всего пленки засвечиваются во время работы за «сухим» столом, где производится зарядка и разрядка кассет, разрезание пленок и закрепление их в рамки. Менее опасным является место, где производится мокрая обработка пленок, так как

длительность манипуляций там меньше и чувствительность пленки уже вскоре после начала проявления резко падает.

Проверку светофильтров надо производить в условиях, реальных для данной лаборатории. **Фильтр у сухого стола проверяют так**: полоска пленки закладывается в книгу или под кассету, положенную на поверхность стола так, чтобы небольшой участок полоски пленки освещался светом испытуемого фонаря. Каждые 30 сек полоску пленки выдвигают под свет фонаря. Это надо повторить 4 раза. Таким образом, получается 4 разно экспонированных участка и пятый — неэкспонированный. Полоску пленки проявляют при тех же условиях, при которых обычно проявляются рентгеновские снимки в данной лаборатории; затем полоску пленки фиксируют и промывают. Если на первом участке, экспонированном в течение 2 мин, плотность почернения заметно отличается от почернения, где проявилась лишь химическая вуаль, фильтр надо заменить. **Иногда бывает достаточным направить свет фонаря к стене, чтобы стол освещался отраженным от стены рассеянным светом.** Проверку светофильтра у места для мокрой обработки производят так же, только пленка по истечении 5 мин проявления вынимается из проявителя и подносится к фонарю на такое время и такое расстояние, как это обычно делается со снимками при контроле проявления в данной фотолаборатории. Проявление должно вестись при закрытых бачке или ванночке, как это делается обычно при обработке рентгеновских снимков.

Следует пользоваться фотолабораторными фонарями с зелеными светофильтрами № 117 или № 118, предназначенными для обработки рентгеновской пленки. Эти фонари удобны тем, что они могут быть использованы и как негатоскопы в фотолабораториях. Они достаточно ярко освещают неактивным светом все помещение лаборатории, благодаря чему заметно облегчается работа. При работе с рентгеновской пленкой не

следует забывать о том, что соприкосновение ее с кожей предплечья и пальцев рук, в особенности в летнее время, когда жарко и кожа влажная, является причиной появления на рентгенограммах артефактов. В связи с этим рентгеновскую пленку разрешается брать только чистыми и сухими руками, осторожно, за уголок. Вынимать из упаковки рентгеновскую пленку надо также осторожно, не допуская трения и изломов, в противном случае на рентгенограммах могут появиться «молнии», «ветви», штрихи, черные или светлые дефекты формы полулуния и т. п. артефакты. Кроме того, на пленку нельзя давить. Если случайно провести ногтем по эмульсии пленки, то на рентгеновском снимке появится темная линия — **фрикционная вуаль** (вуаль, возникающая в результате давления на эмульсионный слой фотографического материала). Фрикционная вуаль на рентгеновских снимках появляется и в тех случаях, когда коробки с рентгеновской пленкой лежат плашмя друг на друге.

Разрешающая способность рентгеновской пленки Качество рентгеновского изображения характеризует разрешающая способность рентгеновской пленки, которая выражается числом раздельно воспринимаемых параллельных линий (штрихов) на 1 см или 1 мм. Разрешающая способность современной рентгеновской пленки достигает 20 ЛП/мм, при комбинации ее с усиливающим экраном — 10—12 ЛП/мм

Человеческий глаз при исследовании снимков костных трабекул способен различить максимум 80 лин/см. Такая разрешающая способность позволяет видеть детали изображения размером 0,125 мм.

$$R=1,5/H, \text{ где}$$

R — разрешающая способность в лин/мм,

H — резкость в мм.

Очевидно, что с увеличением всех видов резкости разрешающая способность уменьшается.

Рентгенография жестким излучением. Под рентгенографией жестким излучением понимается производство снимков при напряжении на трубке свыше 100 кВ. В соответствии с диапазоном применяемого при рентгенографии напряжения технику производства снимков можно разделить (по жесткости излучения) на четыре вида:

- 1) мягким излучением при напряжении до 50—60 кВ;
- 2) обычным излучением при напряжении от 50—60 кВ до 95—100 кВ;
- 3) жестким излучением при напряжении от 100 до 300 кВ;
- 4) сверхжестким излучением при напряжении, превышающем 1000 кВ.

Рентгенография жестким излучением, производимая при напряжении от 100 до 300 кВ, подразделяется на две ступени: а) средней ступени при напряжении от 100 до 160 кВ и б) высокой ступени при напряжении от 200 до 300 кВ. За последние годы освоена и получила широкое практическое применение методика рентгенографии жестким излучением средней ступени при напряжении от 100 до 160 кВ. Для этого рентгеновские аппараты современной конструкции изготавливаются так, чтобы на них можно было производить рентгенографию при напряжении от 40 до 150 кВ, то есть, обычным излучением и жестким излучением средней ступени. Рентгенография жестким излучением высокой ступени при напряжении 200—300 кВ и сверхжестким излучением при напряжении, превышающем 1000 кВ, пока еще не вышла за пределы эксперимента и производится только в лабораторных условиях. Преимущества производства рентгеновских снимков жестким излучением говорят сами за себя, если исходить из зависимости оптической плотности почернения рентгеновской пленки и требующих для этого экспозиционных величин, то есть, напряжения, величины тока, выдержки. Эта зависимость выражается формулой:

$$4 D = k \cdot i \times V \times r \times t,$$

где

D — оптическая плотность почернения рентгеновской пленки;

k — коэффициент пропорциональности;

i — величина анодного тока в мА;

V — напряжение на рентгеновской трубке в кВ;

r — показатель степени, величина которой, в зависимости от напряжения, колеблется от 3 до 5;

t — выдержка в секундах.

Из приведенной формулы видно, что **почернение рентгеновской пленки имеет прямую зависимость от величины тока, выдержки и степени, в которую возводится числовое значение напряжения.** Очевидно, что **интенсивность рентгеновского излучения** на уровне пленки в большей степени **зависит** не от величины тока или выдержки, а **от напряжения.** Например, при увеличении тока в 2 раза, при всех прочих равных величинах, интенсивность рентгеновского излучения на уровне пленки будет также двойной. Если же повысить напряжение на рентгеновской трубке в 2 раза, то интенсивность рентгеновского излучения на уровне плёнки увеличится не в 2, а в 32 раза. В целях получения одинаковой плотности почернения рентгеновской пленки при повышении напряжения на рентгеновской трубке надо уменьшать величину тока или сокращать выдержку. Из указанной зависимости можно видеть все преимущества рентгенографии жестким излучением:

1) Значительное сокращение выдержки. При сокращении выдержки уменьшается динамическая нерезкость, в результате чего при рентгенографии движущихся органов рентгеновское изображение, с технической точки зрения, получается более высокого качества.

2) Уменьшение дозы рентгеновского излучения, восприни-

маемой кожей и внутренними органами пациента. Кроме того, доза рентгеновского излучения может быть еще больше уменьшена путем более усиленной фильтрации излучения.

3) В связи с уменьшением дозы рентгеновского излучения, воспринимаемой внутренними органами и кожей пациента (за счет повышения проникающей способности рентгеновского излучения), появляется возможность увеличения количества снимков.

Это преимущество, по сравнению с рентгенографией обычным излучением, приобретает особое значение при производстве скоростных серийных снимков (за счет сокращения выдержки). Уменьшение дозы рентгеновского излучения происходит не только при скоростной серийной рентгенографии, но и при необходимости исследований объемных частей тела, при производстве контактных снимков, при рентгенографии с непосредственным увеличением изображения, при флюорографии (за счет повышения проникающей способности рентгеновского излучения).

4) В связи со значительным уменьшением экспозиции снижается нагрузка, особенно тепловая, на рентгеновской трубке, в результате чего увеличивается ее срок эксплуатации.

5) В связи с уменьшением нагрузки на рентгеновской трубке снижается нагрузка на питающую электрическую сеть, в результате чего снижается потребление электрической энергии.

6) Большая проникающая способность жесткого излучения облегчает получение качественных снимков частей тела большого объема, позволяет использовать менее чувствительную рентгеновскую пленку. Рентгенография жестким излучением выгодна при исследовании беременных, тучных, а также при исследовании в боковых и косых проекциях.

7) Благодаря большой проникающей способности жесткого излучения изображения на снимке мягких и плотных тканей,

тонких и толстых участков объекта выравниваются и прорабатываются одинаково подробно; снимок получается более богатым отдельными деталями исследуемого объекта по всей его толщине и во всех его частях.

8) При работе жестким излучением отпадает необходимость в использовании мощных рентгеновских аппаратов. Поэтому рентгеновские аппараты, предназначенные для рентгенографии жестким излучением, изготавливаются небольших мощностей, что, в свою очередь, дает возможность использовать трубки с малой величиной фокуса. Применением рентгеновской трубки с малой величиной фокуса практически сводится на нет влияние на качество изображения геометрической нерезкости, в результате чего значительно улучшается различимость мелких деталей на рентгеновском снимке. С применением малофокусной трубки нерезкость от объектива флюорографа также перестает играть роль в суммарной нерезкости. Следовательно, качество флюорографического и обычного рентгеновского изображения становится зависимым только от нерезкости флюорографического экрана, пленки и усиливающих экранов.

9) С повышением напряжения на рентгеновской трубке возрастает эффективность усиливающих экранов, в результате чего имеется возможность применять мелкозернистые экраны с небольшим фактором усиления без значительного увеличения выдержки.

Вопросы для самоконтроля

1 Что понимают под «оптической плотностью почернения рентгеновского изображения»?

2 Как оценивают непрозрачность рентгеновского снимка?

3 Что понимают под «контрастностью рентгеновского изображения»?

4 От чего зависит контрастность рентгеновского изобра-

жения?

5 От каких факторов зависит контрастность рентгеновского изображения?

6 Что понимают под «резкостью изображения»?

7 Какой снимок можно считать правильно проявленным?

8 Виды нерезкости рентгеновского изображения и возможности их снижения.

9 Что понимают под «разрешающей способностью рентгеновской пленки»?

10 Виды рентгенографии жестким излучением, и её преимущества.

Лабораторно-практическое занятие 8

Правила и порядок чтения рентгенограмм, составление протокольных записей

Порядок осмотра (читки) рентгенограмм конечностей с костной патологией. Для рентгенологического изучения костей и суставов и точного представления о состоянии исследуемого объекта обязательным является выполнение снимков в двух взаимно перпендикулярных проекциях, что позволяет сделать правильный рентгеноанатомический анализ данного снимка. При необходимости выполняются снимки в атипичных (косых) положениях.

Основным требованием, обязательным для каждого, кто берет на себя ответственность читать рентгенограмму, является знание основ общей рентгенологии и техники рентгенографии.

Важным моментом в изучении рентгенограмм является глубокое знание рентгеноанатомии и правильная трактовка анатомических деталей в рентгеновском изображении с учетом

проекции, возраста пациента, подробного анамнеза и данных клиники.

Изучение костей и суставов складывается из трех этапов: первый этап — изучение качества и паспортной части снимка, второй этап — тщательное изучение объекта и описание теневой картины объекта, третий этап — заключение или вывод.

При изучении рентгенограмм особое значение придается их качеству. Изучать некачественные рентгенограммы и давать по ним заключение запрещается.

Рентгенограмму укрепляют на негатоскопе таким образом, чтобы проксимальные отделы изображения были обращены вверх, при рассматривании боковых рентгенограмм дорсальная поверхность (или голова) должна быть слева, волярная — (плантарная) справа.

Вначале рентгенограмму просматривают в целом. Обращают внимание на контуры и состояние мягких тканей (сухожилий, связок, мышц), на утолщения, припухания, затенения или на просветленные участки. Устанавливают место, размер и форму патологических изменений и в чем они проявляются. Затем переходят к осмотру костей. Обращают внимание на их размеры, форму, положение, после чего просматривают каждую кость в отдельности. Начинают с дистального или проксимального концов костей. Просматривают их контуры, отмечают дополнительные тени (связанные с тенью кости или несвязанные), форму, размер и интенсивность. Далее смотрят, какое соотношение компактного слоя кости с губчатым веществом и мозговым каналом.

Сравнивают интенсивность тени кости с интенсивностью теней окружающих мягких тканей. При осмотре суставных поверхностей кости останавливают внимание на подхрящевых замыкающих костных пластинках: утолщены ли они, склерозированы или, наоборот, истончены, имеются ли зазубренность и

неровность. Устанавливают состояние рентгеновской суставной щели, которая между концами костей просматривается в виде четкой светлой полосы. При патологических состояниях может быть ее расширение, сужение, наличие между концами костей дополнительных теней или неровность и шероховатость контуров суставной поверхности костей.

Одновременно определяют правильное расположение и соотношение суставных блоков костей и суставных впадин.

У молодых животных обращают внимание на состояние ростковых зон костей. В соответствии с возрастом животного отмечают их расширение или сужение, а также наличие склеротических полосок — зоны препараторного и базального обызвествления. При исследовании тонких структурных изменений рекомендуют пользоваться лупой.

План протокольной записи исследования. После порядкового номера рентгенограмм указывают вид животного и исследуемую область его тела, проекцию, в которой сделан снимок (прямая, боковая профильная, скошенная). Затем патологические изменения с указанием локализации, размеров интенсивности тени и просветления. Отмечают наличие инородных тел, интенсивность их тени, размер, количество, положение. Запись завершают рентгеновским диагнозом (заключением).

Образцы протоколов

1. На рентгенограмме области грудной и брюшной полости собаки в боковой проекции на фоне органов брюшной полости на уровне 9—11 ребер в нижней трети подреберья определяется: интенсивная тень овальной формы, размерами 1—2 см, от центра нижнего контура этой тени отходит в виде скобки дополнительная тень меньшей интенсивности. В брюшной полости на фоне кишечника в незначительном количестве имеются

округлые просветленные участки (газы). В легочных полях в верхнем и нижнем треугольниках очаговых затенений нет (прозрачны). Тень сердца в пределах нормы. **Рентгенологический диагноз** — инородное тело с высоким атомным весом (металлическая пуговица) в желудке собаки.

2. На рентгенограмме области правого предплечья собаки в двух проекциях контуры мягких тканей в области предплечья увеличены, структурных изменений в лучевой кости и костях запястного сустава нет. На тени локтевой кости, в нижней ее трети, костная структура отсутствует, имеется прозрачная мягкая ткань. Размер дефекта локтевой кости 6 см. **Рентгенологический диагноз** — опухолевая деструкция нижней трети локтевой кости правой грудной конечности собаки.

3. На рентгенограмме области пальца правой тазовой конечности лошади в боковой проекции на тени первой фаланги определяются множественные линии просветления. Они начинаются на поверхности суставной ямки, идут косо вниз, пересекаясь друг с другом, и заканчиваются на дорсальной и плантарной поверхностях диафиза. По дорсальному и плантарному контурам проксимальной части кости хорошо выражены треугольные тени смещенных отломков кости. **Рентгенологический диагноз** — латеро-медиальный проксимальный мелко оскольчатый перелом путовой кости правой тазовой конечности лошади.

4. На рентгенограмме области пальцев собаки левой передней конечности на тени второй фаланги IV пальца в прямой проекции определяется: широкая полоса просветления, которая от середины головки кости идет вверх до середины диафиза, где, повернув под прямым углом, выходит на медиальную поверхность кости. **Рентгенологический диагноз** — сагиттально-дистальный перелом второй фаланги IV пальца левой грудной конечности.

5. На рентгенограмме области пальца левой грудной конечности коровы определяется: рентгеновская суставная щель копытного сустава левой грудной конечности резко расширена, местами содержит бесструктурные костные тени. Тень копытцевой кости незначительно смещена в медиальную сторону. Суставные поверхности венечного сустава неровные, зазубренные, с очагами деструкции. По контурам венечной и путовой костей III пальца видны курчавые дополнительные костные тени, связанные с тенью костей (оссифицирующий периостит). Такого же типа костные тени имеются на путовой кости IV пальца. В межкопытной щели на фоне мягких тканей несколько волокнистых, более интенсивных теней (посторонний налет на мягких тканях). **Рентгенологический диагноз** — остеоартрит копытного сустава III пальца левой грудной конечности коровы.

6. На рентгенограмме левого скакательного сустава быка в скошенной проекции отмечают, что суставные рентгеновские щели дистального межзаплюсневого и заплюсно-плюсневого суставов просматриваются лишь на отдельных небольших участках, на большом протяжении они перекрыты костными балками. Слабо выраженный очаговый остеопороз определяется на большеберцовой, таранной и центральной костях. Подхрящевые костные пластинки костей сустава местами расширены и склерозированы. По переднему контуру центральной+четвертой и второй+третьей заплюсневых костей на уровне рентгеновских суставных щелей имеются краевые заостренные костные выступы — “губки”. Суставная рентгеновская щель в этом участке неровная, просматривается на небольшом расстоянии. **Рентгенологический диагноз** — артроз левого тарсального сустава быка.

Сроки, число и последовательность закладки очагов окостенения и синостозы скелета туловища и конечностей у собак (по С. А. Тарасову)

Возраст животного	Очаги окостенения и синостозы	Примечание
1 месяц	Все позвонки, до 8—10-го хвостового, имеют костные эпифизы. Эпифизы всех трубчатых костей, кроме проксимального малоберцового и дистального локтевого. Все короткие кости запястья (9) и заплюсны (7)	У некоторых в запястье 7 костей
2 месяца	Новые очаги окостенения проксимальный эпифиз малоберцовой и первой пястной костей, средних фаланг кисти и стопы, эпифизы хвостовых позвонков (кроме последних 3—4), дистальный эпифиз локтевой кости, апофизы пяточного и локтевого бугров, добавочной кости запястья, большого и малого вертелов бедра, большеберцовой кости, надмыщелковый апофиз плечевой кости, коракоид, коленная чашечка, сесамовидные кости кисти и стопы	Апофиз малого вертела и сесамовидные кости кисти и стопы едва различаются
3 месяца	Новые очаги: везалиевы сесамовидные кости, эпифизы всех хвостовых позвонков, иногда 3-я сесамовидная кость коленного сустава, апофизы седалищных бугров, обызвествление хрящей ложных ребер	3 я сесамовидная кость непостоянна у боксеров и легавых. Отсутствует у декоративных пород

4 месяца	Новые очаги: апофиз крыла подвздошной кости, дорсальные сесамовидные кости кисти и стопы, 3-я сесамовидная кость коленного сустава. Первые синостозы симфизарных ветвей седалищных и лонных костей и замыкание краев запертого отверстия, начало синостоза апофиза добавочной кости	Апофиз подвздошной кости едва различим
5 месяцев	Синостозы апофиза добавочной кости, коракоида, позвонковых эпифизов (до первых хвостовых включительно), обызвествление реберных хрящей, кроме 1й и 2й пар; закладка гемальных дуг на 5 и 6 хвостовых позвонках	Реберные хрящи 1 пары часто не обызвествляются до старости
6 месяцев	Межседалищный очаг. Синостозы эпифизов всех хвостовых позвонков, кроме последних (4—6), пяточного и локтевого апофизов и дистальных эпифизов предплечья (у овчарок, лаек и беспородных)	Кисть и стопа имеют дефинитивные очертания
8 месяцев	Синостозы эпифизов всех хвостовых позвонков, дистального эпифиза плечевой кости, пяточного и локтевого апофиза (у собак всех пород)	
9 месяцев	Синостозы проксимального эпифиза бедра, плечевой и лу-	

	чевой костей, дистального эпифиза большеберцовой и малоберцовой костей, лучевой и локтевой костей (у всех собак), апофизов большого и малого вертелов	
10—11 месяцев	Синостозы проксимальных эпифизов костей голени, апофизов большого бугра плечевой кости и большеберцовой кости, седалищных бугров (у овчарок, лаек)	Завершение дифференцирования костей конечностей
1 год	Синостозы седалищных бугров у собак всех пород	
2—3 года	Синостозы тазового шва, апофизы крыльев подвздошных костей (у овчарок)	У декоративных пород задерживается до 4—8 лет
6—8 лет	Образование псевдоартрозов (в виде известковых муфт) в местах соединения грудинных и позвоночных ребер.	
10 лет и старше	Кортикальный слой трубчатых костей истончен, их рельеф резко выражен, на грудице часто периостальные разрастания, внутрикостная структура резко крупнопетлистая.	

Рентгенография является одним из основных методов исследования органов грудной клетки. Данный метод исследования позволяет оценить не только структурную организацию ор-

ганов, но также при наличии патогномичных признаков судить об их функциональном состоянии. В этой связи знание анатомии является обязательным условием расшифровки рентгенограммы и последующей постановки диагноза. При этом следует учитывать, что рентгеноанатомия, в отличие от топографической, имеет свою специфику, обусловленную отсутствием визуализации определенных структур и органов в норме.

Для максимального снижения риска диагностических ошибок и адекватной визуализации органов грудной клетки необходимо выполнять рентгенограммы как минимум в двух взаимно перпендикулярных проекциях (например, правая латеральная и прямая вентродорсальная проекции), при этом следует учитывать фазу респираторного цикла. **Так, наиболее информативной является рентгенограмма, выполненная в фазе глубокого вдоха.** Рентгенограмма, выполненная в фазе максимального выдоха, не подлежит интерпретации в связи с потерей воздушности легочной тканию.

Грудную клетку можно разделить на 4 основные области:

- структуры ограничивающие грудную полость;
- плевральное пространство;
- легочная паренхима;
- средостение (включая сердце и крупные сосуды).

Каждая структура и орган имеет характерный размер, яркость, плотность, край и контур, количество и локализацию.

Структуры ограничивающие грудную полость

Структуры ограничивающие грудную полость включают скелет грудной клетки, мягкие ткани стенки грудной клетки и диафрагму. Границы грудной полости: вентрально – сегменты грудины, дорсально - тела позвонков и ребра, латерально - ребра, межреберные мягкие ткани, подкожные структуры, передняя конечность, каудально - диафрагма. Краниальная часть грудной клетки ограничена мягкими тканями вентральной части шеи и

входа в грудную клетку.

При исследовании данных структур и органов необходимо точно определять локализацию патологии, при необходимости выполнять дополнительные рентгенограммы (рентгенограммы под углом 45°, коллатеральные рентгенограммы).

Плевральная полость

Легкие покрыты плеврой. Она представляет собой гладкую блестящую серозную оболочку. Различают париетальную плевру и висцеральную (легочную), между которыми образуется щель - плевральная полость, заполненная небольшим количеством плевральной жидкости. Легочная плевра непосредственно покрывает паренхиму легкого и, будучи с ним плотно сращена, заходит в глубину междолевых борозд. Париетальная плевра сращена со стенками грудной полости и образует реберную плевру, и диафрагмальную плевру, а также ограничивающую с боков средостение медиастинальную плевру.

В норме, плевральная полость содержит незначительное количество жидкости, которое не визуализируется на рентгенограмме, в норме также не визуализируется и плевра. У старых пациентов иногда встречается плевральное утолщение, которое обычно заметно между правой средней и правой каудальной легочными долями, и лучше визуализируется в левой латеральной проекции, однако, если нет других отклонений, этот факт не следует принимать во внимание.

Легочная паренхима

Состоит из 3-х компонентов, которые в норме визуализируются на обзорных рентгенограммах: стенки воздушных путей на уровне главных и второстепенных бронхов, легочные артерии и вены, легочная интерстициальная ткань - каркас легких.

Стенки воздушных путей визуализируются как тонкие прямолинейные мягкотканые линии, которые сужаются и ветвятся к периферии. Бронхи идущие параллельно рентгеновским

лучам выглядят как окружность. У взрослых собак трахеальная и бронхиальная стенка и хрящевые кольца могут подвергаться дистрофической минерализации и будут более контрастны. В правой латеральной проекции первый овал в суперпозиции с трахеей у основания сердечного силуэта визуализируется бронх правой краниальной легочной доли. Бронх левой краниальной легочной доли имеет длину примерно 1 см у собак среднего и крупного размеров и делится на бронхи краниального и каудального сегмента левой краниальной легочной доли. Каудальнее, в области бифуркации, трахея делится на главные бронхи. Правый главный бронх продолжается в правый средний бронх, который лучше визуализируется в левой латеральной проекции. Бронх добавочной легочной доли расположен каудальной сердечного силуэта и правого главного бронха.

Легочные артерии и вены. На латеральной рентгенограмме легочные артерии локализуются дорсальнее соответствующих им воздушных путей, которые в свою очередь лежат дорсальной их соответствующих вен (принцип АБВ). В вентродорсальных или дорсовентральных рентгенограммах, легочные артерии визуализируются латеральнее бронха, а вена медиальнее. Эта взаимосвязь очень важна. На адекватно экспонированной рентгенограмме должны быть хорошо заметны ветвящиеся легочные сосуды по периферии легочных полей. Эти легочные сосуды имеют наибольший диаметр у сердца, постепенно уменьшаясь и ветвясь к периферии. Ветвление линейное и не должно быть искривленным и иррегулярным (не симметричным) или усеченным резко на конус.

Сосуды обладают средней рентгеноплотностью. Обычно размер любой легочной артерии, включая легочную паренхиму должен соответствовать размеру соответствующей легочной вене любого уровня. Относительный размер легочной артерии и вены можно определить, сравнивая друг с другом, а более точно

скелетометрическим способом. Например, легочная артерия и вена, снабжающая правую краниальную долю легкого не должна быть в диаметре больше диаметра проксимального края 4-го ребра. Также диаметр артерии и вены каудальной доли легкого должен равняться толщине диаметра 9-го ребра в точке пересечения, или суммарная тень перекреста сосуда и 9 ребра должна быть квадратом. Если сосуд увеличен, эта тень растянута в горизонтальный прямоугольник, а если уменьшен - в вертикальный прямоугольник. Важно осознать что такой сравнительный метод как размер сосуда с ребром только примерный и не дает 100% правильности диагностики.

Легочная интерстициальная ткань это не содержащая воздух часть легких, в которой расположены легочные сосуды, бронхи, лимфатические структуры и легочная паренхима (альвеолярные стенки, междольковая перегородка). На обзорной рентгенограмме грудной клетки интерстициальная ткань образует тень, похожую на кружево, средней рентгеноплотности. У различных видов животных содержание соединительной ткани в легких различно. Как результат, легкие животных с большим содержанием соединительной ткани на рентгенограмме в норме будут более “белыми” (плотными). Разместив по возрастанию количества соединительной ткани в легких виды образуются следующая линейка – собака и кошка, затем лошадь, КРС, и человек.

Средостение

Это пространство между правым и левым легочными мешками. У собак и кошек медиастенальная плевра недоразвита, это подразумевает, что невисцеральные плевральные выпоты и трансудаты будут двусторонние. Экссудативные выпоты (такие как пиоторакс, хилоторакс, гемоторакс) имеют тенденцию быть унилатеральными, и в этом случае должна присутствовать закупорка отверстия неполноценной средостенной плеврой.

На своем пути краниальные края париетальной плеврой обо-

их легких расходятся в верхнем и нижнем отделах и образуют позади рукоятки грудины треугольник вилочковой железы (краниоventральный), а в нижнем отделе - треугольник перикарда (каудоventральный). Эти треугольники – важные ориентиры. Тимус и грудинный лимфатический узел - две мягкотканые структуры находящиеся в краниоventральном треугольнике. Грудинный лимфатический узел не визуализируется в норме. Тимус визуализируется как уплотнение, которое обычно имеет вид искривленной треугольной тени у медиального края левой краниальной доли легкого в левой части грудной клетки. Такое явление называется “парусный синдром”. У щенков и котят тимус иногда визуализируется в латеральной проекции между правой краниальной легочной долей и сердечным силуэтом. Более часто тимус может визуализироваться на вентродорсальной и дорсовентральной проекциях в краниоventральном треугольнике между левой и правой краниальными легочными долями. Каудоventральный треугольник формирует левое латеральное удлинение добавочной доли легкого на вентродорсальной и дорсовентральной проекциях.

Складка плевры в области каудальной полой вены не видна как четкая структура. Ткани окружающие трахею на латеральных рентгенограммах сливаются с мягкоткаными структурами, включающими сосуды, пищевод, лимфоузлы и нервы, которые не могут различаться т.к. их тени накладываются друг на друга. Правый край краниального средостения на вентродорсальной и дорсовентральной рентгенограммах обычно формирует латеральный край краниальной полой вены.

Трахея на вентродорсальной и дорсовентральной проекциях в норме слегка смещена вправо от средней линии. Дорсально в середине средостения трахея завершается бифуркацией на главные бронхи.

Нисходящая дуга аорты визуализируется между правой и

левой каудальными легочными долями. На вентродорсальной и дорсовентральной проекциях дуга аорты расположена незначительно левее средней линии. Нисходящая аорта продолжается по изогнутой линии навстречу телам позвонков до центрально расположенного аортального отверстия диафрагмы.

Пищевод обычно не визуализируется на обзорных рентгенограммах грудной клетки. Дорсальная часть средней части средостения также содержит трахеобронхиальный лимфоузел, диафрагмальный нерв, вагосимпатический ствол и др. структуры, которые в норме не видны.

Легкие представляют собой парный орган, который занимает примерно 50% грудной клетки. Правое легкое делится на правую краниальную, правую среднюю, правую каудальную и добавочную доли. Левое легкое делится на левую краниальную (которая подразделяется на краниальную и каудальную части) и левую каудальную долю. В норме междолевые щели не визуализируются. Вырезка между правой краниальной и правой средней долей расположена на уровне 4-5 межреберья;

- вырезка между правой средней долей и правой каудальной долей расположена на уровне 6-7 межреберных промежутков;

- вырезка между краниальной и каудальной частями левой краниальной доли располагается на уровне 4 межреберья;

- вырезка между левой краниальной и левой каудальной долями расположена на уровне 6-7 межреберного промежутка.

Дорсальной сердца, правая краниальная доля соприкасается с правой каудальной долей, и краниальная часть левой краниальной доли прилегает к левой каудальной доле. Междолевые вырезки возможно увидеть только если имеется утолщение плевры или увеличение плевральной жидкости.

Обзорная рентгенография грудной полости – основная из дополнительных методов обследования животных с заболеваниями *сердца и крупных сосудов*. Важным является выполнение снимков в двух стандартных проекциях: прямой (передней

или задней) и правой боковой. Для оценки количества жидкости, при подозрении на гидроторакс, выполняют снимок животного в положении стоя. Для получения рентгенограмм, близких к истинным размерам сердца животного, выполняют так называемые «телерентгенограммы». Это рентгенограммы, проведённые с фокусного расстояния 1,5-2 метра, для улучшения изображения которых применяют достаточно короткую выдержку (1/60 или 1/120 сек). Желательно использовать следующие рентгенографические критерии сердечно-сосудистой системы: оценка границ сердца; краниальная граница образована правым отделом сердца, в норме доходит до третьего ребра; каудальная граница образована левым отделом сердца, в норме доходит до 8 сегмента на грудине; коэффициент Buchanan

$$(KB) = KB = ДФС + ШФС,$$

где ДФС – длина тени сердца;

ШФС - ширина тени сердца.

Единицей измерения KB принято считать длину тела 4 грудного позвонка (Th4), которая считается наиболее стабильной структурой в скелетоанатомии относительно массы тела к его поверхности. Значение KB не должно превышать 10 тел Th4 (систоле или диастоле).

Оценка положения оси сердца в боковой проекции: в норме ось сердца должна быть горизонтальной, то есть, параллельной к рёбрам. Вертикальная ось размещается под углом к рёбрам или перпендикулярно им (в норме у собак с низкой грудной клеткой, таких как таксы, бигли, бассеты). В прямой проекции: угол наклона оси сердца к позвоночнику равен 30 градусам. Оценка торакального индекса: $AB/CD = \frac{1}{2}$, где

AB – самая широкая часть грудной клетки;

СД – ширина грудной клетки на уровне шатра диафрагмы.

В прямой проекции также важно знать линии, которые образуют тень сердца. По изменениям их контуров можно судить, какой отдел сердца изменён.

Вид и порода животных значительно влияют на тень сердца в рентгенологическом изображении. Так, сердце у кошки имеет более вытянутую и эллипсоидную форму, чем у собак. У кошек оно занимает положение от 2 до 2,5 межрёберных промежутков, в отличие от 3 – у собак, а каудальная граница отделяется от диафрагмы одним или двумя межрёберными промежутками.

Вопросы для самоконтроля

1 Сколько снимков и в каких проекциях необходимо выполнить для точного представления о состоянии исследуемого объекта?

2 Из каких этапов складывается изучение рентгенограмм костей и суставов?

3 Как следует располагать рентгенограммы на негатоскопе?

4 Какие сведения должны быть отражены в протокольной записи исследования?

5 В какую фазу респираторного цикла можно делать снимок легкого?

6 Какие 4 основные области необходимо исследовать на рентгенограмме грудной клетки?

7 Какие проекции нужны для оценки сердца и крупных сосудов?

8 Какие проекции нужны для выявления гидроторакса?

9 Как выполняют «телерентгенограммы»?

Задание – написать протокол исследования рентгеновского снимка.

Лабораторно-практическое занятие 9

Ошибки в выборе технических параметров рентгеновского исследования, в фотохимической обработке пленки и следствия

Качество рентгенограмм. Ошибки и следствия

Получить хорошую рентгенограмму (как и для фотографа - хороший снимок) - это искусство. Оно приобретается многолетней практикой и критической самооценкой получаемых результатов. Существует много причин, ухудшающих качество рентгенограмм; они могут быть объективного и субъективного происхождения. Для молодых рентгенологов неизбежны ошибки и неудачи в производстве снимков, и в этом нет большой беды, со временем все уладится. Важно другое - внимательно и самокритично анализировать результаты работы, находить причины ошибок и устранять их.

Хорошая рентгенограмма: 1) должна быть достаточно прозрачной для прохождения света; 2) иметь контрастность и резкость изображения, передавать четкость рисунка, радующего глаз исследователя; 3) на снимках костей, суставов, органов дыхания и других органов кроме четких контуров должна выявлять внутреннюю структуру; 4) в местах, не перекрываемых снимаемым объектом, должна иметь черный «бархатистый» фон.

Негатив слишком густой, малопрозрачный или слишком вялый, бледный контрастами, покрытый вуалью, не выявляющий деталей в структуре изображения, имеет посторонние тени и пр. может получиться по многим причинам.

Основными причинами получения недоброкачественных снимков являются: 1) ошибки в подборе рентгентехнических условий на аппарате во время съемки (сочетание киловольт, миллиампер и секунд); 2) неправильная укладка объ-

екта на кассету; недостаточная фиксация животного, особенно снимаемой части тела; 3) ошибки в фотохимической обработке заснятой пленки.

1. *Изображение имеет вялый, монотонный характер, как бы покрыто вуалью, контрасты в тенях костей и тканей отсутствуют.* Причин может быть несколько. Снимок «перепробит», сделан в жестких лучах при повышенных киловольтах, поэтому даже при нормальном проявлении изображение появляется очень быстро и скоро скрывается под общей вуалью. Проявление приходится вынужденно прекращать. Получается недопроявленный снимок, контрасты и детали изображения отсутствуют. Подобная картина получается также, если при оптимальном высоком напряжении увеличили экспозицию снимка (чаще всего за счет выдержки), или наблюдается в случае недостаточной жесткости рентгеновских лучей (взяли мало киловольт), плотные ткани оказались «недопробитыми», изображение долго не проявляется. Желание получить четкое изображение ведет к перепроявлению и возникновению вуали, скрывающей контрасты изображения.

2. *Рентгенограмма покрыта темными полосами и пятнами неправильной формы.* Неравномерное медленное погружение пленки в проявитель, а также высушивание рентгенограмм в теплом, плохо вентилируемом помещении.

3. *На рентгенограмме матово-белые пятна.* Пленка недостаточно отфиксирована. Старый фиксаж или спешка в закреплении.

4. *На рентгенограмме серые полосы.* Это следы ребер кюветы, в которую поместили пленку для проявления, но не переворачивали ее и не покачивали ванночку особенно в первые минуты проявления.

5. *На высушенной рентгенограмме следы белого порошка в виде инея.* После фиксирования рентгенограмма плохо про-

мыта, при высушивании остаются следы гипосульфита.

6. *Условия съемки и фотохимическая обработка оптимальные, но снимок малоконтрастный, сильно вуалированный.* Производственный брак или пленка с просроченным сроком годности. Легко проверить путем проявления неэкспонированной пленки.

7. *Все изображение нерезкое, размыто.* Динамическая нерезкость вследствие движения исследуемой части тела во время съемки, слабая фиксация животного при большой выдержке.

8. *Снимок не проявляется.* Причин много: не сработал аппарат в режиме рентгенографии, проявитель не тот, недоброкачественные химикалии, бракованная пленка и т.п.

9. *Изображение проявляется медленно.* Старый проявитель, низкая его температура (даже свежий проявитель при температуре 16°C и ниже работает слабо), старая пленка, ошибки во время съемки.

10. *Скорость проявления нормальная, фон имеет большую плотность, тени костей прозрачны, без деталей.* Недопробили, недостаточное напряжение на рентгеновской трубке (мало киловольт), но достаточная экспозиция.

11. *Рентгенограмма проявляется быстро, темнея по всей поверхности. После фиксирования изображение нерезкое, неконтрастное, фон серый.* Снимок переэкспонирован за счет жесткости или экспозиции и недопроявлен (наиболее распространенный вид брака).

12. *Изображение проявляется быстро, темнея по всей поверхности. После фиксирования картина нерезкая, имеет нормальный контраст и очень большую плотность почернения, плохо просматривается на негатоскопе.* Рентгенограмма переэкспонирована и нормально проявлена.

13. *Изображение завуалировано двухцветной вуалью.*

Неправильный порядок растворения химикалий, горячая вода при изготовлении проявителя, отсутствие бромистого калия, избыток щелочи, недостаток или низкое качество сульфита натрия, загрязнение проявителя фиксажем, старый истощенный проявитель.

14. *Фиксирование идет слишком медленно.* Закрепителъ истощен или холодный.

15. *Изображение имеет разную плотность затемнения.* Неравномерное погружение пленки в проявитель, особенно в свежеприготовленный. Пятна на усиливающих экранах.

16. *Овальные, прозрачные пятнышки или мелкие пятнышки, похожие на проколы.* Пузырьки воздуха, прилипшие к эмульсии при проявлении, или инородные предметы (пылинки) на усиливающих экранах или пленке.

17. *Черные извилистые линии, похожие на рисунок молнии.* Следы электростатических разрядов при изготовлении рентгеновских пленок (производственный брак) или от трения при резком извлечении пленки из коробки (неаккуратность в работе).

18. *Царапины, следы отпечатков пальцев.* Грубая работа во время проявления. Неаккуратное пользование инструментами или пальцами.

19. *На старых рентгенограммах появляются желтые пятна.* Рентгенограмму промыть в 10%-ном растворе сульфита, прибавив несколько капель серной кислоты, после чего тщательно промыть и высушить.

В заключение по этому вопросу следует заметить, что при прочих равных условиях реактивы, приготовленные в фотолаборатории самим рентгенологом, как правило «работают» лучше, чем приобретенные готовыми в спецмагазинах.

Вопросы для самоконтроля

- 1 Какие показатели характеризуют хорошую рентгенограмму?
 - 2 Что является основными причинами получения недоброкачественных снимков?
 - 3 В каких случаях изображение имеет вялый, монотонный характер, как бы покрыто вуалью, контрасты в тенях костей и тканей отсутствуют?
 - 4 В каких случаях рентгенограмма покрыта темными полосами и пятнами неправильной формы?
 - 5 В каких случаях на рентгенограмме появляются матово-белые пятна?
 - 6 В каких случаях на рентгенограмме появляются серые полосы?
 - 7 В каких случаях на рентгенограмме появляются следы белого порошка в виде инея?
 - 8 В каких случаях рентгенограмма малоконтрастная, сильно вуалированная?
 - 9 В каких случаях все изображение нерезкое, размыто?
 - 10 В каких случаях снимок не проявляется или изображение проявляется медленно?
 - 11 В каких случаях рентгенограмма проявляется быстро, темнея по всей поверхности. После фиксирования изображение нерезкое, неконтрастное, фон серый?
 - 12 В каких случаях скорость проявления нормальная, фон имеет большую плотность, тени костей прозрачны, без деталей?
 - 13 В каких случаях изображение проявляется быстро, темнея по всей поверхности. После фиксирования картина нерезкая, имеет нормальный контраст и очень большую плотность почернения, плохо просматривается на негатоскопе?
 - 14 В каких случаях изображение завуалировано двухцветной вуалью?
 - 15 В каких случаях фиксирование идет слишком медленно?
 - 16 В каких случаях изображение имеет разную плотность затенения?
 - 17 В каких случаях на рентгенограмме имеются овальные, прозрачные пятнышки или мелкие пятнышки, похожие на проколы?
 - 18 В каких случаях на рентгенограмме имеются черные извилистые линии, похожие на рисунок молнии?
 - 19 В каких случаях на рентгенограмме имеются царапины, следы отпечатков пальцев?
 - 20 Что следует сделать, если на старых рентгенограммах появляются желтые пятна?
- Задание – установить причину некачественности рентгеновского снимка.

Основные понятия

Рентгеновская трубка — генератор рентгеновских лучей, их излучатель; электровакуумный стеклянный баллон с двумя электродами: вольфрамовой спиралью (катод) и металлическим стержнем (анод).

Фокус — место торможения электронов на аноде трубки, место образования рентгеновских лучей.

Действительный (истинный) фокус — площадка на аноде, бомбардируемая электронами.

Оптический (эффективный) фокус — проекция действительного фокуса в направлении снимаемого объекта по ходу центрального пучка лучей.

Экран для просвечивания — приемник лучистой энергии и носитель рентгеновского изображения при проведении рентгеноскопии; картон, с одной стороны покрытый люминофором, способным светиться (флюоресцировать) под действием рентгеновских лучей.

Флюоресцирующее вещество — соль сульфида цинка и кадмия, активированная серебром, преобразующая энергию коротковолнового (невидимого) излучения в длинноволновые (видимые) лучи желто-зеленого спектра; свечение исчезает с прекращением действия рентгеновских лучей.

Рентгеновская пленка — приемник рентгеновской энергии и носитель рентгеновского изображения при рентгенографии; целлулоидная плоская пленка, с двух сторон покрытая эмульсионным слоем, содержащим светочувствительное вещество.

Светочувствительное вещество — галоидная соль серебра, способная разлагаться на составные части (например, бром и серебро) под действием лучистой энергии.

Оптическая плотность — интенсивность почернения проявленной пленки, от чего зависит возможность различать детали изображения.

Контрастность рентгеновского изображения — зрительное восприятие разницы почернения соседних участков изображения.

Рентгеновская кассета — светонепроницаемая коробка, в ко-

тору в темноте помещается пленка перед рентгеновским снимком.

Усиливающий экран — картон, с одной стороны покрытый люминофором, способным светиться (фосфоресцировать) под действием рентгеновских лучей; два экрана находятся в кассете, а между ними укладывается рентгеновская пленка.

Фосфоресцирующее вещество — соль вольфрамово-кислого кальция, преобразующая энергию коротковолновых рентгеновских лучей в видимое излучение сине-фиолетового спектра; свечение продолжается некоторое время после выключения рентгеновских лучей.

Флюорографическая пленка — приемник лучистой энергии с флюоресцирующего экрана и носитель рентгеновского изображения при флюорографии; рулонная целлулоидная пленка, с одной стороны покрытая светочувствительным веществом, по формату и строению подобна обычной фотопленке.

Фокусное расстояние — расстояние от фокуса рентгеновской трубки до пленки или экрана.

Отсеивающая решетка — плоская коробка, в которой имеется растр, состоящий из свинцовых пластинок, поставленных на ребро; поглощают вторичные (паразитические) рентгеновские лучи, направление которых не совпадает с плоскостью пластинок.

Тубус — металлическая насадка на выходном окне блока рентгеновской трубки в форме усеченного конуса или пирамиды, формирующий нерегулируемый пучок лучей.

Диафрагма — металлическая коробка на выходном окне блока трубки, формирующая рабочий пучок рентгеновских лучей, регулируемый с помощью подвижных шторок.

Резкость рентгеновского изображения — качественная характеристика, определяемая четким, хорошо заметным, скачкообразным переходом одного затенения рентгеновской картины к другому.

Геометрическая нерезкость — нерезкость рентгеновского изображения, определяемая размером оптического фокуса трубки.

Динамическая нерезкость — нерезкость рентгеновского изображения, возникающая вследствие движения объекта во время снимка.

Рентгеновский аппарат — техническая конструкция, состо-

ящая из рентгеновской трубки и различных устройств и приборов (механических, электротехнических, радиотехнических, электронных и пр.), обеспечивающих ее работу.

Генераторное устройство — высоковольтный блок, в котором находятся повышающий (главный) трансформатор, высоковольтный выпрямитель и понижающий (накальный) трансформатор, залитые трансформаторным маслом.

Защитный кожух — высоковольтный блок, содержащий рентгеновскую трубку, залитый трансформаторным маслом, изнутри покрытый листовым свинцом (кроме выходного окна) для радиационной защиты.

Высоковольтные кабели — проводники тока высокого напряжения от генераторного устройства к рентгеновской трубке; конструктивно вместе с генераторным устройством и защитным кожухом обеспечивают высоковольтную защиту и электрическую безопасность работы.

Блок-трансформатор или **моноблок** — высоковольтный блок, в котором находятся рентгеновская трубка, а также главный и накальный трансформаторы, играющий ту же роль, что и защитный кожух.

Автотрансформатор (вариатор) — трансформатор с одной обмоткой, являющийся промежуточным звеном между питающей внешней электрической сетью и внутренней электрической схемой аппарата.

Дигитальной рентгенографии предсказывают большое будущее, она постепенно будет вытеснять обычную рентгенографию, поскольку не требуется дорогостоящая рентгеновская пленка, исключается фото-процесс, при этом характеризуется быстроедействием, информацию можно передавать на расстояние и хранить на магнитных носителях (диски, ленты и пр.).

Использованная литература

1 Иванов В. П. Ветеринарная клиническая рентгенология. Из-во Лань, 2014. – 624 с.

2 Иванов В. П. Научно-практические основы ветеринарной клинической рентгенологии. — Хабаровск: Издательство «Риотип» краевой типографии, 2005. - 272 с.

3 Клиническая диагностика внутренних болезней животных. Под ред. С.П. Ковалёва и А.П. Курдеко, Из-во Лань, 2014. – 544 с.

4 Комарова К.А., Налётова К.Н. Нормальная рентгеноанатомия органов грудной клетки. /Материалы 16 международного конгресса рентгенологов, 2010.- №4.- С. 87-90.

5 Константинова И.С., Булатова Э.Н., Усенко В.И. Основы цитологии, общей гистологии и эмбриологии животных. Из-во Лань, 2015. – 240 с.

6 Крапивина Е.В. Рентгенодиагностика болезней животных. Учебно-методическое пособие. Брянск. Из-во ГУП «Клинцовская городская типография», 2005. – 251 с.

Материалы XVI Московского международного конгресса по болезням мелких домашних животных.

7 Санитарные правила и нормативы «Гигиенические требования к устройству и эксплуатации рентгеновских кабинетов, аппаратов и проведению рентгенологических исследований» (СанПиН 2.6.1. 1192 - 03)

8 Сноз Г.В., Черкасов В.И., Шабанов А.М., Щукин М.В. Клиническая диагностика с рентгенологией: Методические указания для студентов заочного факультета ветеринарной медицины. – М.: ФГОУ ВПО МГАВМиБ. – 2004. – 44 с.

9 Щукин М.В. Выбор оптимальных условий при рентгенографии. Учебно-методическое указание, М.: МВА, 1990. – 22 с.

10 Щукин М.В. Выбор оптимальных условий при рентгенографии: Метод. Указ.. – М.: МВА. – 1990. – 22 с.

11 Щукин М.В. Техника радиационной безопасности при работе в рентгеновских кабинетах. Принцип устройства и управление рентгеновскими аппаратами: Метод. Указ.. – М.: МВА. – 1990. – 43 с.

12 Щукин М.В., Верижников Д.Г. Ветеринарная рентгенология. Методические указания. – М.: МГАВМиБ. – 2002. – 29 с.

13 Щукин М.В., Верижников Д.Г., Щукин А.М. Обеспечение радиационной безопасности при проведении рентгенологических исследований: Учебно-методическое пособие. М.:ФГОУ ВПО МГАВМиБ. – 2008. – 25 с.

14 <http://survincity.ru/2012/02/rentgenovskij-kabinet-2/#ixzz3hSL3qWAZ>

15

http://www.littlepuppy.ru/sroki_chislo_i_posledovatelnost_zakladki_ocha-gov_okosteneniya_i_sinostozy_skeleta_tulovischa_i_konechnostej_u_sobak_po_s_a_tarasovu

Учебное издание

Крапивина Елена Владимировна
Иванов Дмитрий Валерьевич

РЕНТГЕНОЛОГИЯ

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ
ДЛЯ ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ
СТУДЕНТОВ ИНСТИТУТА ВЕТЕРИНАРНОЙ МЕДИЦИНЫ
И BIOTEХНОЛОГИИ ПО СПЕЦИАЛЬНОСТИ

Редактор Павлютина И.П.

Подписано к печати 8.12.2015. Формат 60x84. 1/16.
Бумага офсетная. Усл.п.л.8,83. Тираж 25 экз. Изд. № 4162.

Издательство Брянского государственного аграрного университета
243365, Брянская обл., Выгоничский район, с. Кокино, Брянский ГАУ