

Химическая обработка рентгенографических материалов. Этапы обработки.

*Подготовил врач-рентгенолог:
Сенько Ж.Л.*

- Появление изображения на рентгенограммах возможно благодаря способности галогенного серебра экспонированной рентгенографической пленки вступать в химическую реакцию с проявляющим веществом. В ходе реакции восстанавливается металлическое серебро, имеющее в микрокристаллическом состоянии черный цвет. Для осуществления этого необходимы условия, при которых молекулы галогенного серебра и проявляющего вещества могли бы соприкоснуться между собой на большом протяжении.
- Последнее достигается путем растворения проявляющего вещества в воде с последующим помещением в такой раствор экспонированной рентгенографической пленки. Желатин эмульсии пленки в воде набухает. По закону диффузии в нее проникает проявляющий раствор, несущий молекулы проявляющего вещества. Они встречаются с молекулами микрокристаллов галогенного серебра.
- Идет химическая реакция восстановления. От галогенного серебра отщепляется галоген. Появляется металлическое серебро, дающее изображение (серебряное почернение) .

Процесс появления изображения (проявление пленки) выполняется до определенного момента, когда или при визуальном контроле, или по расчетному времени на пленке появится оптимальное изображение нужных тканей исследуемого объекта. При этом из-за описанного выше неравномерного облучения рентгенографической пленки при экспонировании ее в химическую реакцию восстановления вступает только часть наиболее химически активного галогенного серебра.

Появляющиеся черные участки рентгенограмм подчеркивают более светлое изображение исследуемых тканей, так как получаемое изображение при этом негативное. В этих светлых участках пленки остается непрореагировавшее галогенное серебро. Его количество обратно пропорционально степени почернения пленки и составляет от 20 до 80% заложенного галогенного серебра при изготовлении пленки.

- Если процесс проявления не остановить в нужный момент и он будет еще длительно продолжаться, то в последующем в реакцию вступает и менее активное галогенное серебро пленки. В итоге все оно восстанавливается в металлическое, и появляется сплошная чернота пленки. Изображение исчезает. Вот почему при проявлении пленки важно не упустить момент, когда появляющееся изображение достигнет требуемого качества. С получением его процесс проявления сразу прекращают извлечением пленки из проявляющего раствора. Оставшееся в эмульсии пленки галогенное серебро вуалирует изображение на рентгенограмме. Оно химически изменяется при хранении рентгенограммы и еще больше искажает рентгенологическую картину. Для обеспечения сохранности изображения необходимо из эмульсии пленки извлечь непрореагировавшее при проявлении галогенное серебро.

- Это осуществляется помещением пленки в другой раствор, называемый фиксажным (так как в нем надолго фиксируется полученное изображение).
- В состав такого раствора входит вещество, способное путем химической реакции перевести нерастворимое галогенное серебро в другую соль, растворимую в воде. Последняя растворяется и выходит из эмульсии.
- Несущее же изображение металлическое серебро остается в эмульсии пленки и способно обеспечить сохранность изображения на протяжении многих десятилетий.

- ТЕХНИКА ФОТООБРАБОТКИ РЕНТГЕНОГРАФИЧЕСКОЙ И ФЛЮОРОГРАФИЧЕСКОЙ ПЛЕНКИ
- Фотообработка рентгенографической и флюорографической пленки состоит из ряда последовательных манипуляций, выполняемых при особых условиях с помощью фоторастворов и воды, залитых в различные емкости. Она включает ряд обязательных процессов:
 - проявление;
 - ополаскивание с остановкой проявления;
 - закрепление;
 - смывание закрепителя;
 - промывка;
 - сушка.

- Все отмеченные манипуляции выполняют путем последовательного помещения экспонированной рентгенографической или флюорографической пленки в разные среды: специальные растворы, воду, подогретый воздух и др. Для каждой рабочей среды должны быть определенные емкости. Устройство их бывает разное и зависит от вида пленки и способа ее обработки.
- Существуют два способа фотообработки рентгеновских и флюорографических пленок: ручной, при котором все манипуляции выполняются вручную;
- автоматический, когда пленку обрабатывают с помощью специальных машин.
- При фотообработке рентгенографической пленки рабочие фоторастворы и промывную воду заливают в специальные кюветы, баки, автоматические машины. Каждый способ обработки имеет свои преимущества и недостатки.

- Кюветную обработку применяют редко. Она оправдана при небольшом количестве обрабатываемых за смену пленок (10—20 штук). Объемы одноразового приготовления фоторастворов при этом сравнительно малы.
- Для их хранения в нерабочее время требуются дополнительно бутылки, в которые фоторастворы сливаются после рабочей смены, если они не истощились. Проявитель при таком его использовании быстро окисляется. Ухудшаются условия промывки пленок.
- Производительность труда при этом низкая, так как затраты времени на обработку каждой пленки значительно больше, чем при использовании других способов фотообработки.

- Более широкое применение находит фотообработка рентгенографической пленки в специальных баках объемом от 15 до 60 л. Они позволяют обрабатывать за рабочую смену многие десятки рентгенографических пленок. В комплект баков входят 3 основные емкости: для проявителя, фиксажа и промывной воды. Требующийся комплект баков можно монтировать в общей емкости с водой, оборудованной, подогревом и терморегулятором.
- Такое устройство называют танком. Его использование позволяет поддерживать постоянно заданную температуру фоторастворов, что улучшает процесс проявления. При применении баков можно одновременно проявлять большое число рентгенографических пленок, заключенных в специальные рамки.
- Наличие крышек у баков позволяет рентгенолаборанту после погружения пленок в растворы периодически включать свет и выполнять другую работу. Имеется возможность проводить обработку пленок по времени. Промывной бак часто подключают в систему водопровода и канализации, что позволяет выполнять промывку пленок в проточной воде.

- С целью увеличения сбора серебросодержащих отходов рядом с баком для фиксажа устанавливают четвертый бак, где осуществляют смывание закрепителя с рентгенографической пленки после ее закрепления. В случаях использования неподкисленного фиксажного раствора применяют пятый бак со стоп-раствором.
- Машинную обработку рентгенографических пленок применяют в рентгеновских кабинетах с большим объемом работы (сотни снимков за смену).
- Имеются разные конструкции автоматических устройств для этой цели. Экспонированную рентгенографическую пленку закладывают в машину при неактивном освещении или с помощью специальной кассеты при видимом свете. Все процессы, начиная от проявления пленки до ее сушки, выполняют внутри машины. Через 2—8 мин она выдает готовую сухую рентгенограмму. При использовании этого способа обработки пленки исключаются визуальный контроль при проявлении и возможность исправления неточностей путем изменения времени проявления. Требуется обеспечение рентгеновского кабинета специальными быстродействующими фоторастворами. С совершенствованием рентгеновской техники и улучшением снабжения рентгеновских кабинетов этот метод распространяться шире.

- Фотообработку флюорографической пленки осуществляют в полной темноте с проявлением по времени. Ее выполняют в емкостях с фоторастворами и водой, позволяющих полностью погружать рулоны обрабатываемой пленки нужной длины.
- При наличии специальных бачков пленку в темноте наматывают по спиральным направляющим на специальную разъемную катушку эмульсионным слоем в наружную сторону витков, после чего помещают в бачок и накрывают крышкой.
- Все манипуляции со сменой фоторастворов и промывкой пленки можно выполнять на свету, благодаря специальной конструкции бачка, предотвращающей проникновение видимого света внутрь его.

Проявление

В процессе проявления происходит образование изображения в светочувствительном слое за счет восстановления металлического серебра из бромистого в тех местах, где на него подействовала лучистая энергия.

Начавшаяся на поверхности эмульсионного слоя, она лавинообразно нарастает, так как с каждой единицей времени желатин эмульсионного слоя все больше набухает и все больше проявляющего вещества подходит по его микропорам к микрокристаллам галогенного серебра в эмульсию пленки.

При этом неосвещенные или малоосвещенные зерна бромистого серебра должны оставаться незатронутыми восстановителем, неизменными.

Существенную роль при этом играет длительность проявления, которая в значительной мере определяет качество изображения. Для его улучшения необходимо достигнуть полной проработки проявляющим веществом всех экспонированных микрокристаллов галогенного серебра на всю глубину эмульсии, что требует определенного времени.

Оно различно для разных проявителей, что обусловлено количеством и качеством проявляющих и ускоряющих веществ в них.

Наиболее рациональная продолжительность проявления для стандартного заводского метол-гидрохинонового проявителя составляет 6—8 мин. Именно за это время достигается оптимальная плотность почернения пленки при правильно выбранных условиях экспонирования ее.

Укорочение указанного времени проявления ведет к тому, что не все экспонированное галогенное серебро прорабатывается, так как в реакцию восстановления вступают только те его части, которые расположены в поверхностных отделах эмульсии.

Снимок получается прозрачным и обедненным деталями. Удлинение положенного времени проявления вызывает образование выраженной фотографической вуали на снимках, так как при этом в реакцию восстановления начинает вступать галогенное серебро из неэкспонированных микрокристаллов

Состав проявителя

В состав проявляющего раствора
входят:

- 1) вода как растворитель
- 2) проявляющее вещество
- 3) сохраняющее вещество
- 4) ускоряющее вещество
- 5) противовуалирующее вещество,
оно же и замедляющее.

Проявляющие вещества

Наиболее часто используют **гидрохинон, метол и фенидон.**

Метол проявляет быстро, но преимущественно лишь поверхностные слои зерен AgBr.

Гидрохинон действует более медленно, но на всю глубину зерен и поэтому способствует увеличению контраста изображения.

Фенидон сам по себе мало активен, однако в сочетании с другими проявляющими веществами, например гидрохиноном, образует очень эффективные проявители. Как правило, применяют смеси проявляющих веществ.

Наиболее популярны метол-гидрохиноновые и фенидон-гидрохиноновые проявители. Составы, используемые для обработки рентгеновских фотоматериалов, отличаются от составов, применяемых в фотографии, тем, что с целью повышения контраста изображения, они содержат повышенное количество гидрохинона.

По сенситометрическим характеристикам фенидон-гидрохиноновые проявители превосходят метол-гидрохиноновые. Кроме того, они медленнее истощаются.

Сохраняющие вещества.

Проявляющее вещество в водном растворе быстро окисляется кислородом воздуха и становится непригодным к работе. Для предотвращения этого в проявитель вводится в качестве сохраняющего вещества **сульфит натрия**, который связывает в нем продукты окисления и тем самым способствует постоянству свойств проявляющего вещества.

Сульфит обладает также способностью в процессе проявления растворять галоидное серебро, которое в воде почти нерастворимо, поддерживая тем самым процесс проявления.

Также он восстанавливает проявляющую способность раствора в процессе проявления, превращая его в более устойчивое соединение, обладающее проявляющими свойствами.

Ускоряющие вещества.

Почти все проявляющие вещества действуют только в щелочной среде, причем от степени щелочности зависит скорость действия проявляющего раствора.

Щелочь нейтрализует образующуюся в процессе проявления бромистоводородную кислоту, в присутствии которой, снижается активность проявляющего вещества, и тем самым ускоряет процесс проявления.

Для создания щелочной среды проявителя чаще используются углекислые соли: **натрия карбонат (сода) и калия карбонат (поташ), реже натрия тетраборат (бура)**. Они способны длительное время поддерживать постоянную щелочность проявляющего раствора, широко доступны и удобны в эксплуатации.

Противовуалирующие вещества

Противовуалирующее вещество — способствует уменьшению фотографической вуали. Сущность последней заключается в образовании металлического серебра при проявлении в неэкспонированных кристаллах галогенного серебра, из-за чего вуалируется (смазывается) изображение. Противовуалирующие вещества повышают избирательность проявления, препятствуя реакции восстановления серебра в неэкспонированных участках фотоэмульсии.

Чаще для этой цели в проявитель вводят **калия бромид, реже бензотриазол, бензимидазол**. При проявлении пленок, в эмульсии которых содержится бромистое серебро, в проявителе постоянно из-за появления свободного брома накапливаются бромсодержащие соединения, также обладающие противовуалирующими свойствами.

В фотографической обработке воду используют в качестве одного из основных растворителей при составлении растворов, промывке фотоматериалов и в других технологических целях. Вода, получаемая из различных природных источников, артезианских скважин, из сети городского водопровода, содержит различные механические примеси, микроорганизмы, растворенные твердые, жидкие и газообразные вещества. Механические примеси удаляют фильтрованием. При кипячении удаляются газы, убиваются микроорганизмы, устраняется временная (карбонатная) жесткость, которая обуславливается наличием в воде бикарбонатов кальция и магния, выпадающих при кипячении в осадок в виде шлама. Сернистые, хлористые, кремнистые, азотистые и фосфористые соединения кальция и магния, не выпадающие при кипячении в осадок и сохраняющие постоянную (некарбонатную) жесткость воды, устраняют дистилляцией или применением водоумягчающих веществ, которые реагируют с солями кальция и магния с образованием осадка или хорошо растворимых соединений.

Классифицируется вода по жесткости в мг-экв/л:
мягкая - до 2; средней жесткости - от 2 до 5; жесткая
- от 5 до 10 и очень жесткая - больше 10.

Использование в фотографических растворах жесткой воды способствует образованию так называемой сетки на эмульсионном слое, изменению свойств проявляющих веществ, затрудняет проведение некоторых процессов.

Вода, применяемая для приготовления растворов, должна быть бесцветной, прозрачной, приятной на вкус и без запаха; рН воды - в пределах 6 - 8; взвешенные частицы, аммиак и сероводород - должны отсутствовать.

Приготовление проявляющих растворов.

Проявитель, рекомендованный заводами-изготовителями рентгеновских пленок, называется стандартным. Каждая фирма старается рекомендовать свои рецепты. Для того чтобы процесс проявления протекал нормально, требуется правильное составление проявляющего раствора, поэтому в рецепте проявляющего раствора всегда указывается порядок растворения веществ.

Основным растворителем веществ во всех фотографических растворах служит вода.

Она не должна содержать ни растворенных минеральных солей, ни следов органических веществ. Лучше всего для составления растворов применять дистиллированную воду, а при отсутствии ее - кипяченую.

Общий порядок составления проявляющих растворов следующий.

Как правило, первым растворяется сохраняющее вещество, т. е. сульфит, и только потом проявляющее вещество.

Исключение из этого правила составляют метол и глицин. Метол не растворяется в растворе сульфита, а выпадает в нем в виде белого осадка; поэтому он всегда растворяется отдельно.

В комбинированном метол-гидрохиноновом проявителе гидрохинон растворяется после растворения сульфита. Третьим растворяют ускоряющее вещество - щелочь.

При этом едкий калий и едкий натрий предварительно растворяют только в холодной воде и осторожно вливают в раствор сульфита и проявляющего вещества.

Последним растворяется противовуалирующее вещество. Для ускорения растворения веществ воду можно подогреть, но не выше 50° С, так как более высокая температура воды обуславливает быстрое разложение проявляющих веществ и потерю активности проявителя.

Приготовленный проявляющий раствор должен отстояться не менее 24 часов. Всплывший на поверхность мусор осторожно удаляется, а раствор сливается с осевшего на дно осадка и фильтруется через ватку для удаления возможных механических загрязнений.

Составлять проявляющие растворы необходимо только в стеклянной, фарфоровой, фаянсовой, керамиковой или эмалированной посуде, но не в металлической, за исключением нержавеющей стали.

Хранить готовые растворы проявителя следует в стеклянных банках, плотно закрытых хорошей пробкой, поверх которой надевается резиновый напальчник.

Процесс проявления

В процессе проявления проявитель как бы завершает работу, начатую энергией излучения, и доводит до конца превращение кристаллов бромистого серебра в частицы металлического серебра. Таким образом, процесс проявления является реакцией восстановления галоидного серебра в металлическое. В общих чертах процесс проявления заключается в следующем. Проявляющий раствор, проникая в желатиновый слой погруженной в него экспонированной пленки, вызывает его набухание. Набухшая желатина представляет собой комплекс ячеек, внутри которых находятся микрочастицы галоидного серебра. Как только проявляющий раствор проник в ячейку желатины и достиг кристалла серебра, начинается его проявление, но не со всей поверхности кристалла, а только с тех его точек, которые образовали скрытое изображение; он протекает до тех пор, пока весь кристалл бромистого серебра и соприкасающиеся с ним другие кристаллы полностью не восстановятся. Эти отдельные точки, с которых начинается проявление, называются центрами проявления.

Полученная после проявления разница в плотности осажденного серебра на отдельных участках проявленной пленки зависит не от степени проявления каждого кристалла в отдельности, а от количества проявленных кристаллов.

Так, если в одном участке пленки количество энергии излучения было поглощено больше, чем в другом, то в нем окажется большее количество микрокристаллов галоидного серебра, способных к проявлению, а потому и степень его почернения будет большей по сравнению с другим участком.

Кроме черных и белых мест на проявленной пленке получаются и промежуточные переходы. Эти различные плотности и создают наблюдаемый на снимке контраст.

Наряду с восстановлением микрокристаллов галоидного серебра, подвергшихся воздействию излучения, в процессе проявления происходит также восстановление галоидного серебра, не подвергшегося воздействию излучения.

В первом случае идет образование видимого изображения, а во втором - вуали. Чем позже будут проявлены необлученные кристаллы бромистого серебра, тем лучше будет качество изображения.

В облученных кристаллах галоидного серебра восстановление металлического серебра завершается в короткое время; в необлученных же кристаллах оно длится долго. Поэтому все кристаллы бромистого серебра, в которых во время съемки успели возникнуть центры проявления, успевают проявиться значительно раньше, чем начинается проявление необлученных кристаллов.

- В случае использования метолового проявителя первым растворяют только часть сохраняющего вещества, равную массе входящего в рецепт ментола. В слабом растворе сульфита метол способен растворяться и защищается от окисления кислородом.
- Далее растворяется весь сульфит, ускоряющее и противовуалирующее вещество. Такая же последовательность растворения при приготовлении метол-гидрохинонового проявителя. Гидрохинон растворяется после сохраняющего вещества.
- Добавление в раствор каждого вещества осуществляется после полного растворения предыдущего. Для ускорения растворения выполняется размешивание раствора палочкой без вспенивания на поверхности раствора, при котором усиливается окисление проявляющего вещества кислородом воздуха.

- Проявитель лучше готовить за сутки до употребления. За это время раствор охладится до температуры помещения.
- В случае применения загрязненных фотореактивов тяжелые примеси скопляются на дне емкости, легкие всплывают и их можно собрать. Фильтровать проявитель не рекомендуется из-за окисления при этом проявляющего вещества кислородом воздуха.
- При загрязненных фотореактивах их лучше растворять в специально сшитых матерчатых мешочках, маркированных для каждого вещества. Подвешивание наполненных мешочков в верхних отделах емкости с раствором способствует быстрому растворению вещества. Все примеси остаются в мешочке, который потом стирают и применяют повторно.
- Использование таких мешочков обязательно, если фоторастворы готовятся в баках для проявления и фиксирования рентгенографической пленки.

- Работа по приготовлению фотореактивов ускоряется в случае использования наборов для проявителя, восстановителя и фиксажа, выпускаемых промышленностью.
- Составные компоненты для фоторастворов в таких наборах представлены химически чистыми соединениями, которые упакованы в запаянные полиэтиленовые мешочки. Обозначенные цифры на пакетах или разъяснения в коротких инструкциях указывают последовательность растворения их.
- Рентгенолаборант и при этом обязан учитывать описанные особенности фотореактивов, порядок их растворения и смешивания. Обычно в наборе для проявителя два пакета. В малом пакете помещены проявляющие вещества (метол, гидрохинон), в большом —сохраняющие, ускоряющие и противовуалирующие.
- Рекомендуют сначала растворить часть содержимого 2-го пакета, равную массе 1-го пакета, затем весь 1-й и 2-й пакеты. Прежде чем отсыпать содержимое 2-го пакета, его тщательно перемешивают, ибо при автоматическом заполнении 2-го пакета на заводе сверху в полиэтиленовом мешочке может оказаться не сульфит, а ускоряющее или противовуалирующее вещество.

- Восстановитель готовят при соблюдении всех правил, присущих приготовлению проявителя. Если используют заводской набор с наличием в качестве ускоряющего вещества едкой щелочи, то ее предварительно растворяют в воде и медленно добавляют в холодный восстанавливающий раствор, где уже предварительно растворены остальные ингредиенты его.
- Лучшим вариантом является приготовление восстановителя дробными порциями по 3—5 л. В таком случае срок хранения его в емкостях сокращается и он меньше теряет свою активность. Если фотореактивы для восстановителя поступают в заводских наборах на 15 л, содержимое их мешочков после тщательного предварительного перемешивания делят соответственно на 3 — 5 равных порций. Едкие щелочи не делят, а берут в аптеке по отдельному рецепту.

При фотообработке рентгенографической пленки в баках одноразово готовят большой объем проявителя. Его обычно хватает на 1—2 мес. работы, если используют восстановитель.

Учитывая это, не следует готовить сразу весь объем восстановителя, необходимый согласно расчету для восстановления всего приготовленного проявителя, истощающегося и количественно (вынос раствора смоченными в нем листами пленки), и качественно (убыль проявляющих веществ при проявлении за счет химических реакций).

ОПОЛАСКИВАНИЕ С ОСТАНОВКОЙ ПРОЯВЛЕНИЯ

Как только при проявлении пленки появилось требуемое изображение, процесс необходимо быстро приостановить. Это достигается путем ополаскивания пленки — смыва остатков проявляющего раствора с ее поверхностей при погружении ее в промывную воду. Ополаскивание рекомендуют проводить на протяжении одной минуты, многократно в темпе приподнимая и опуская рамку с пленкой в промывной воде. При этом основная масса проявителя смывается с пленки и уходит в воду. Небольшие остатки его сохраняются только в глубине эмульсии пленки. Если пленка переносится для закрепления в кислый фиксаж, в нем оставшееся проявляющее вещество инактивируется и проявление окончательно приостанавливается. При использовании фиксажа с нейтральной или щелочной реакцией перед переносом проявленной пленки в фиксаж она предварительно должна быть опущена, в стоп-ванну.

Ее кислая среда также инактивирует проявляющее вещество, и дальнейшее проявление в глубине эмульсии пленки становится невозможным.

Остатки проявляющего вещества частично диффундируют в фиксажный раствор и полностью покинут эмульсию пленки при окончательной промывке ее после закрепления.

Понятно, что при использовании стоп-ванны фиксаж в большей степени засоряется компонентами проявителя. Поэтому после ополаскивания в стоп-ванне пленку следует промыть на протяжении 1 мин в баке с промывной водой и только после этого переносить в фиксаж.

Раствор для стоп-ванны представляет собой подкисленную воду. Он готовится простым добавлением кислоты или кислой соли к воде. Чаще при этом используют ледяную уксусную кислоту (20 мл на 1 л), борную кислоту или калия метабисульфит (30 г одного вещества на 1 л воды).

Все приготовленные растворы перед их применением должны быть прозрачными и бесцветными. Появление их окраски говорит о нарушении технологии приготовления растворов и непригодности к употреблению.

ЗАКРЕПЛЕНИЕ

Закрепление можно осуществлять также двумя методами: визуальным и по времени. Они соответствуют таковым при проявлении.

Процесс закрепления, как и проявления, для своего завершения требует определенного времени, зависящего от вида применяемого фиксажа. Так, при использовании кислых фиксажей длительность закрепления не должна быть меньше удвоенного времени проявления. При нахождении проявленной пленки в таком фиксаже даже часами качество изображения не пострадает.

Другая картина наблюдается при употреблении быстрого фиксажа с наличием аммония хлорида. Он закрепляет пленку в 2 — 3 раза быстрее кислого. Задержанная в нем пленка дольше положенного срока претерпевает изменения. В ней происходит частично растворение металлического серебра, несущего изображение, в результате чего последнее ослабевает.

Процесс закрепления проходит 2 фазы.

1-я из них (переход нерастворимой соли галогенного серебра в растворимую) должна протекать в темноте или при неактивном освещении. Она заканчивается с исчезновением молочно-белой окраски эмульсионного слоя пленки и наступлением ее просветления (появления прозрачности пленки). Воздействие на пленку видимого света на этом этапе закрепления недопустимо, так как оно может привести к образованию на рентгенограмме дихлоической вуали. А в некоторых случаях при этом не наступает достаточное закрепление пленки.

2-ю фазу закрепления (диффундирование растворимой соли галогенного серебра в фиксажный раствор) можно осуществлять на свету. Для этого только должно быть обеспечено достаточное время. Оно обычно равно времени, затраченному на осветление пленки.

Приготовление фиксажа начинают с растворения гипосульфита.

При подкислении его калия метабисульфитом последний может быть добавлен в раствор гипосульфита в виде порошка. Аммония хлорид растворяют отдельно и вводят в раствор гипосульфита небольшими порциями при тщательном размешивании.

В случаях использования кислот их предварительно смешивают с раствором натрия сульфита. Таковую смесь отстаивают не менее 30 мин и только после этого медленно выливают в раствор гипосульфита при размешивании. Квасцы при необходимости добавляют в фиксажный раствор после его подкисления также медленно в растворенном виде.

Выход галогенного серебра из эмульсии рентгенографической пленки обеспечивает сохраняемость изображения на рентгенограммах и флюорограммах на многие десятилетия.

Фиксажный раствор, как правило, не восстанавливается.

При его истощении он подлежит замене.

Если нет возможности приготовить новый фиксаж в течение 1—2 дней, допускается добавление в истощенный фиксаж порции кристаллического гипосульфита из расчета 250 г на 1 м² рентгенографической пленки, планируемой к обработке за эти дни.

СМЫВАНИЕ ЗАКРЕПИТЕЛЯ

Фиксажный раствор содержит в себе значительную часть галогенного серебра. Его в растворе тем больше, чем дольше он работает.

Разумеется, что каждая отфиксированная рентгенографическая пленка и ее рамка уносят на своих поверхностях в промывной бак определенное количество фиксажа, а значит и серебра, поступающего в канализацию.

С целью сохранения части этого серебра перед промывным баком устанавливают дополнительную емкость с чистой водой. В ней каждую закрепленную пленку ополаскивают, погружая в воду 3—5 раз. При этом большая часть фиксажного раствора смывается с пленки в указанную воду. Со временем концентрация галогенного серебра в 1-й промывной воде сравнивается с таковой в фиксаже. Указанную воду, как серебросодержащий отход, сдают по назначению наравне с фиксажем.

Рекомендуемый объем емкости для 1-й промывной воды должен соответствовать объему восстановителя, используемого за один цикл проявления. В таком случае 1-я промывная вода меняется вместе с отработанным фиксажем.

К концу его использования концентрация галогенного серебра и гипосульфита в этой воде приближается к таковой фиксажа. Об этом свидетельствует способность *такой* «воды» закреплять проявленные рентгенограммы.

Это подтверждается также расчетом количества переносимой жидкости (фиксажного раствора) с пленками и рамками, смываемой в этот бак после процесса закрепления.

ПРОМЫВКА

После смывания с пленки излишков фиксажного раствора она подвергается окончательной промывке в очередной емкости с водой, лучше проточной, для полного удаления из ее эмульсионного слоя всех веществ, попавших в желатин из проявляющего и фиксажного растворов.

В эмульсии пленки должно остаться только нерастворимое металлическое серебро, фиксированное в желатине.

При неполноценной промывке оставшиеся в эмульсии фотереактивы с течением времени приведут снимок в негодность, его изображение деформируется.

Выход всех растворимых компонентов из эмульсии пленки осуществляется путем диффузии. Они диффундируют в воду до установится тех пор, пока не одинаковая концентрация их в желатине пленки и промывной воде. Многократная смена воды в промывной емкости способствует продолжению диффузии этих веществ до полного их выхода из желатина пленки.

Полная промывка пленки требует времени. В проточной воде при комнатной температуре она происходит в течение 25 — 30 мин. Ток воды в промывном баке должен составлять 2 — 4 л в минуту (сильная струя ее может повредить эмульсию пленки). Вода должна поступать в бак снизу. Отток ее оборудуется из верхней части бака.

Промывка в стоячей воде занимает 35—40 мин. При этом вода должна меняться каждые 5 мин.

Так называемая ускоренная промывка с добавлением в промывную воду раствора калия перманганата малоэффективна. Это вещество вступает в реакцию только с гипосульфитом, переводя его в другое химическое соединение, и не может ускорить выход из желатина многих других веществ, перечисленных выше. Здесь может помочь только диффузия в промывную воду.

Следует помнить, что на скорость диффузии химических соединений из эмульсионного слоя пленки влияет присутствие некоторых солей. Так, промывка пленки в морской воде протекает в несколько раз быстрее, чем в пресной. В конце такой промывки требуется ополаскивание пленки пресной водой. Ускоряет промывку наличие в воде натрия сульфита, калия сульфита, магния сульфата и др. Так, после выдержки отфиксированной пленки на протяжении 2 мин в 2% растворе натрия сульфита она успешно отмывается в обычной воде в течение 1 мин.

СУШКА

При ручном способе фотообработки пленки сушка ее может быть *естественной и искусственной*, а также в редких случаях — *экстренной*.

Естественная сушка выполняется в обычных комнатных условиях, чаще всего в помещении фотолаборатории. Пленку подвешивают на зажимах или в рамках на прикрепленных к стене рейках, протянутых веревках или проволоках на расстоянии, исключающем склеивание ее листов. Помещение должно вентилироваться с целью исключения повышенной влажности, способствующей размножению микроорганизмов в желатине пленки, которые могут вызвать деформацию изображения.

Для предотвращения сползания эмульсии пленки температура в помещении должна быть не выше 25—30 °С. Следует исключить запыленность помещения, ибо пыль, попадая на мокрую эмульсию пленки, прочно прилипает к ней во время сушки и искажает изображение. Для ускорения такой сушки можно увеличить воздухообмен в помещении с помощью бытового вентилятора.

Искусственная сушка проводится в сушильных шкафах разных конструкций. Общим в них является наличие выдвижных контейнеров, в которых специальными крючками крепятся рамки с пленкой. В верхней части шкафа вмонтированы подогреватель воздуха и вентилятор. С их помощью пленки обдуваются теплым воздухом и высушиваются в течение 20—25 мин.

Для сушки флюорографической пленки также сконструированы специальные сушилки. В них пленка обычно сушится в той катушке, в которой проявляется. Но чаще флюорографическая пленка сушится в том же сушильном шкафу, что и рентгенографическая, после наматывания ее на рамки.

При необходимости срочного высушивания пленку опускают на 4—5 мин в концентрированный спирт этиловыми. Он вытесняет из желатина воду. Излишки спирта с пленки снимают промокательной бумагой. Остатки спирта испаряются с пленки в течение нескольких минут. Крепость спирта можно восстановить путем извлечения из него воды. С этой целью в спирт добавляется сухой калия карбонат (поташ) или кальция сульфат (обезвоженный гипс). После перемешивания и отстоя обезвоженный спирт сливается и может применяться повторно.

Почти все химические соединения, применяемые при фотопроцессе в рентгеновском кабинете, имеют свои особенности.

Их характеризуют: оптимальная рабочая концентрация, степень стойкости в обычной среде, потребность в особых условиях хранения, несовместимость при растворении, требующая его определенной очередности, термические явления при растворении и т. д.

В практической деятельности при обеспечении фотопроцесса рентгенолаборант встречается примерно с 15—20 химическими соединениями. Из них 8—9 выборочно используют при приготовлении проявителя, 6—7 — для фиксажа.

Ренттенолаборант должен в совершенстве знать химические названия всех применяемых фотореактивов, их особенности, порядок хранения и использования.

Важное значение при фотопроцессе имеет качество применяемых веществ. Они должны быть химически чистыми. Вещества с примесями часто непригодны к употреблению, так как не могут выполнять предназначенную функцию.

Так, не ускоряет фиксирование технический аммония хлорид. Технический сульфит не сохраняет проявляющие вещества, вызывает окрашивание проявителя.

Многие фотореактивы под действием различных физических факторов разлагаются и делаются непригодными к употреблению.

Так, метол и гидрохинон разлагаются под действием видимого света и требуют хранения их в банках из темного стекла. Метол разлагается при температуре выше 50 °С, окисляется при доступе воздуха в упаковочную тару. Выветриваются при обычных условиях натрия карбонат (кальцинированная сода), квасцы, сульфит кристаллический, калия метабисульфит.

Являются гигроскопичными и легко поглощают влагу, приходя в негодность, едкие щелочи, калия карбонат (поташ), безводный гипосульфит, калия бромид.

Все перечисленные химические соединения хранят в герметической таре — стеклянных банках с притертыми пробками или с крышками, залитыми расплавленным парафином. Устойчивы при хранении в обычных условиях гипосульфит кристаллический, аммония хлорид, борная и лимонная кислоты. Большинство применяемых фотореактивов имеют порошкообразную форму. Некоторые из них встречаются в двух видах: безводный аморфный порошок и кристаллический. Они одинаково пригодны для приготовления фоторастворов.

В случае применения концентрированной серной кислоты нельзя вливать в нее воду. Последняя при этом закипает, раствор разбрызгивается, может попасть на кожу и в глаза и вызывать ожоги. Поэтому серную кислоту следует осторожно, малыми порциями добавлять к воде или раствору, которые постоянно размешивают. Жидкие кислоты и едкие щелочи — агрессивные вещества. Обращаться с ними следует осторожно.

Растворение некоторых фотореактивов сопровождается эндотермической или экзотермической реакциями. Так, гипосульфит при растворении интенсивно поглощает теплоту, при этом необходимо пользоваться теплой водой.

Другие химические вещества (едкие щелочи, калия карбонат (поташ), серная кислота) при растворении, наоборот, выделяют много теплоты. Они должны растворяться в холодной воде.

При приготовлении фоторастворов следует учитывать несовместимость ряда фотореактивов. Так, метол не растворяется в растворе сульфита и выпадает в осадок. Использование метола в проявляющем растворе требует растворения его в первую очередь.

Несовместим с многими содружественными фотореактивами в фиксажном растворе гипосульфит при их неправильном растворении. Только метабисульфит калия можно свободно и без каких-либо последствий добавлять в раствор гипосульфита в виде порошка. Аммония хлорид должен быть предварительно растворен в воде.

Квасцы могут добавляться в раствор гипосульфита только после его подкисления, а кислота — только после смешивания ее с раствором сульфита натрия и выжидания не менее 30 мин.

При несоблюдении такого порядка приготовления фиксажа квасцы и кислоты вступают в химическую реакцию с гипосульфитом. Он разлагается с выделением свободной серы (наступает сульфуризация). Фиксаж приобретает желто-молочный цвет. Активность его в таком случае резко снижается.

Наконец, многие фотореактивы, будучи химически активными соединениями, способны вступать в химическую реакцию с металлами и другими веществами, из которых могут быть изготовлены различные емкости. Поэтому совсем не безразлично, в какой посуде осуществляют приготовление и хранение проявителя и фиксажа.

Галогенное серебро в фотоэмульсии пленки, проявляющее вещество в проявителе и гипосульфит в фиксаже — вот 3 кита, на которых держится фотопроеесс. Рентгеновское изображение может быть получено только благодаря химическим реакциям с участием этих веществ. Все другие соединения, участвующие в фотопроеессе, играют только вспомогательную роль.

Галогенное серебро постоянно вносится в фоторастворы в составе рентгенографической пленки и в процессе работы количественно возрастает. Заложенные же в проявитель проявляющие вещества и в фиксаж гипосульфит при их эксплуатации постоянно убывают, расходуясь в ходе химических реакций. Их хватает на обработку определенного количества рентгенографической пленки, измеряющегося в квадратных метрах.

Рентгенолаборант обязан учитывать количество основных химически активных веществ, вводимых согласно рецептам в фоторастворы.

Понятно, что 4 г метола в 1 л проявителя способны проявить больше рентгенографической пленки, чем 2 г его в 1 л другого раствора.

Кристаллический гипосульфит в количестве 250 г на 1 л фиксажа закрепит меньше пленки, чем 400 г его в 1 л другого фиксажа.

В предлагаемых же рецептах количество указанных веществ может быть разным. Значит мы вправе ожидать от таких растворов и разной продолжительности работы при равных условиях.

Отсюда вытекает, что рекомендации о возможном количестве пленки, поддающейся фотообработке в указанных растворах, должны касаться конкретно определенных рецептов растворов.

Добавление проявляющих веществ в проявитель в составе восстановителя гарантирует дополнительное проявление определенного количества пленки.

И это используется для удлинения срока работы проявителя. Такая методика позволяет уменьшить расход сохраняющих, ускоряющих и противовуалирующих веществ при достижении равноценного эффекта.

ПРАВИЛА ПРИГОТОВЛЕНИЯ ФОТОРАСТВОРОВ

Описанные особенности фотореактивов и специфические условия работы в фотолаборатории диктуют ряд требований при приготовлении фоторастворов.

Первым из них является полное исключение попадания даже небольших количеств фотореактивов на рентгенографическую пленку до ее фотообработки. С этой целью в фотолаборатории должно быть правильно оборудовано место приготовления фоторастворов.

Если в наличии только один стол, где производится и зарядка кассет, он во время приготовления фоторастворов должен быть покрыт клеенкой, которую потом очищают от случайно просыпанных фотореактивов и сохраняют до очередной работы.

При этом следует учитывать токсичность гидрохинона, агрессивность щелочей и жидких кислот и исключить их попадание за пределы емкостей с фоторастворами.

При работе с кислотами и щелочами необходимо надевать защитные очки и резиновые перчатки, иногда респиратор.

Все порошкообразные вещества для фоторастворов должны быть точно взвешены и разложены на столе в отдельных кульках или на листах бумаги, предварительно промаркированных. Только после этого приступают к их последовательному растворению.

Фотолаборатория должна быть обеспечена надлежащей посудой. Все емкости для приготовления и хранения растворов должны быть изготовлены из химически стойких материалов: нержавеющей стали, отдельных видов пластмассы, стекла, фаянса, керамики. Железная тара должна быть покрыта эмалью без следов ее повреждения. Вся используемая посуда должна быть чистой. Если фоторастворы готовят в баках для фотообработки пленки, они должны быть тщательно очищены от налета на их стенках, появляющегося в процессе работы, особенно в баке для проявителя. Образующиеся в проявителе продукты окисления имеют черный цвет. Они оседают на стенках бака, большей частью вблизи рабочего уровня раствора, где самое длительное соприкосновение проявителя с кислородом воздуха. Этот черный налет порой очень прочно фиксируется на стенках бака. Для его удаления требуются значительные усилия, особенно, если бак длительное время должным образом не очищался.

Приготовление и эксплуатация проявителя в неочищенном баке недопустимы, так как при этом сокращается срок его службы из-за частичной нейтрализации проявляющих веществ продуктами окисления. Очистка внутренних стенок такого загрязненного бака является обязательной. Она облегчается, если бак залить на ночь водой с добавлением пергидроля, нашатырного спирта и стирального порошка (в соотношении с водой 1 : 200 каждый). Легко очищается загрязненный бак от проявителя после заполнения его на несколько суток отработанным фиксажным раствором. Такую методику очистки можно применять при наличии запасного бака в рентгеновском кабинете. За более короткое время стенки бака возможно очистить путем трехкратного смазывания загрязненных участков спиртовым раствором йода или концентрированной соляной кислотой с последующим ополаскиванием водой. Механическое удаление налета скребками, металлической щеткой и т. д. не рекомендуется, так как при этом деформируется гладкая поверхность стенок бака. Впоследствии налет фиксируется на ней еще прочнее.

Следует сказать, что налет со стенок бака снимается легче в том случае, когда бак регулярно очищается при каждой замене проявителя. Усилия по его очистке пропорциональны степени запущенности бака.

Для размешивания фоторастворов при их приготовлении должны быть маркированные палочки, изготовленные из стекла, пластмассы или дерева. Одна палочка предназначена для размешивания проявляющего и восстанавливающего растворов, другая — для фиксажа и стоп-раствора. Эти палочки должны храниться отдельно, чтобы остатки гипосульфита со 2-й не попадали на 1-ю и не заносились в проявитель. Лучше их рабочие концы опускать отдельно в длинные банки из-под флюорографической пленки, прикрепленные дном к дощечке на расстоянии 10 см. Одну банку окрашивают в черный цвет. В ней хранят палочку для проявителя. В банку, окрашенную белой краской, помещают палочку для фиксажа. Нерабочие концы палочек могут соприкасаться, ибо они не контактируют с растворами.

Имеет значение температура применяемого растворителя. С ее повышением процесс растворения всех фотореактивов ускоряется. Но учитывая, что метол разлагается при температуре выше 50 °С, вода для приготовления метолового проявителя берется теплая, но не горячая (кожа руки, опущенной в воду, должна выдерживать ее тепло).

Для фенидонового проявителя температура растворителя не должна превышать 40 °С. Гипосульфит растворяется в горячей воде. Он разлагается при температуре выше 72 °С. Однако этот процесс практически не происходит даже при опускании гипосульфита в воду с температурой 100 °С (только что прокипяченную), ибо при растворении первых порций гипосульфита температура раствора резко снижается из-за активного поглощения теплоты при этом. Для растворения едких щелочей, калия карбоната (поташа) и серной кислоты, как уже упоминалось, необходимо применять холодную воду, так как эти процессы сопровождаются выделением теплоты.

В зависимости от выбранного рецепта проявителя (восстановителя) и фиксажа очередность растворения их компонентов может быть разной. Но следует придерживаться той последовательности, которая обозначена в рецептуре. Все рецепты рассчитаны на 1 л готового раствора, куда входит и объем растворимых фотореактивов.

Поэтому первоначальное количество воды для приготовления фоторастворов берется в дозе 3/1 планируемого объема готового продукта.

После растворения всех ингредиентов фотораствора добавляют холодную воду до нужного объема в соответствии с рецептом.

Растворение фотореактивов проводят с учетом их сохраняемости и совместимости.

СОХРАНЕНИЕ ПРОЯВИТЕЛЯ И ФИКСАЖА, УДЛИНЕНИЕ СРОКА ИХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Количество приготовленных фоторастворов зависит от объема емкостей (баков) для фотообработки рентгенографической пленки, от способа применяемой фотообработки, а также объема работы в рентгеновском кабинете.

Исследователи заинтересованы в максимальных сроках работы этих растворов, если не учитывать их рабочее истощение. Считается, что правильно приготовленные, герметически закупоренные проявитель и фиксаж могут сохраняться, практически не теряя своих свойств, до 3 мес. Бывшие в употреблении растворы сохраняются хуже. При работе эти сроки значительно сокращаются. Они связаны не только с истощением химически активных ингредиентов в растворах, но и с окислением проявляющих веществ, загрязнением растворов, уменьшением их щелочной или кислой среды.

Основные фотореактивы фиксажного раствора довольно стойкие и мало разлагаются при приготовлении закрепителя и его эксплуатации. Фиксажный раствор более устойчив и при хранении. Достаточно устранить прямое воздействие на него яркого света, при котором гипосульфит разлагается на серу и сульфит, и фиксаж успешно функционирует указанный срок. Следует отметить, что дольше всех сохраняются кислые фиксажи. Быстрые и дубящие закрепители сохраняются хуже. Проявитель требует обязательного соблюдения определенных правил при его приготовлении, эксплуатации и хранении.

Проявитель сохраняет свою работоспособность, пока в нем имеются проявляющие вещества (только их молекулы способны превращать галогенное серебро в металлическое). Они представляют собой весьма активные химические соединения, легко вступающие в реакцию с многими веществами, попадающими в проявляющий раствор.

При эксплуатации проявителя бесцельная трата его проявляющих веществ происходит, главным образом, при:

- соединении их с кислородом воздуха во время визуального контроля за ходом проявления пленки;
- чрезмерном выносе их из проявляющего раствора смоченными в нем рентгенографическими пленками и рамками, если не обеспечен достаточный сток излишков раствора с их поверхностей;
- бесполезном расходе их при перепроявлении рентгенографической и флюорографической пленок;
- неоправданном расходе их при проявлении увеличенных периферических полей рентгенографической пленки, не покрытых исследуемым органом во время экспонирования;
- соединении с различными веществами, попавшими в проявитель в период работы с ним.

- Для увеличения продолжительности работы истощенного проявителя применяют восстанавливающий раствор. Составные компоненты его примерно такие же, как и у проявителя. Но в нем, как правило, в два раза больше проявляющих веществ и отсутствуют противовуалирующие вещества.
- Обогащение проявителя проявляющими веществами способствует продолжению реакции восстановления серебра в нем. Необходимость добавления в истощенный проявитель противовуалирующего вещества отпадает, так как в нем во время длительного проявления скапливаются соединения брома, обладающие противовуалирующими свойствами.



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ