

Введение При использовании радиографического метода контроля промышленных изделий стоит задача получения достоверной информации о качестве проверяемого изделия. На качество, достоверность и надёжность радиографического контроля в значительной степени влияют условия освещения при химико-фотографической обработке радиографической плёнки. Фоновая засветка от неактиничного и актиничного освещения приводит к потере контрастности радиографического изображения, сформированного под действием ионизирующего излучения и, как следствие, к снижению качества и достоверности радиографического контроля [1]. Защита от фонового света в видимой области спектра может быть осуществлена следующими способами:

- накаткой на поверхность плёнки непрозрачных полимерных лент, которые снимаются перед или в процессе химико-фотографической обработки. Использование этого способа позволяет осуществлять экспонирование радиографической плёнки без кассет. Недостатком такого способа является необходимость удаления защитных полимерных лент и их последующая утилизация;
- нанесением поверх защитного слоя специальных слоёв, содержащих непрозрачные слои с сажей, неорганическими пигментами или непрозрачные органические красители. Такие слои удаляются в процессе химико-фотографической обработки. Недостатком такого способа является необходимость осуществлять постоянную фильтрацию обрабатывающих растворов, для исключения накопления сажи или пигментов;
- введением в состав защитного слоя или нанесением поверх защитного слоя специальных слоёв, содержащих индикаторные красители, которые обесцвечиваются кислотой, выделяющейся в процессе обработки. Этот способ позволяет эффективно защитить эмульсионные слои от засветки, однако требует достаточно высоких концентраций индикаторных красителей и очень критичен к составу обрабатывающих растворов;
- введением в состав защитного слоя красителей, которые растворяются в процессе химико-фотографической обработки;
- введением в состав защитного слоя дисперсии соосаждённых красителей, зона поглощения которых перекрывает зону чувствительности галогенида серебра. В ряде работ [2, 3] рекомендуется также введение золя йодида серебра. Несмотря на то, что этот способ технологически сложный и достаточно дорогой, его используют некоторые ведущие зарубежные фирмы, выпускающие радиографические материалы;
- введением в состав эмульсионного слоя специальных веществ - десенсибилизаторов, снижающих чувствительность микрокристаллов галогенида серебра к видимой области спектра, но не влияющих на их чувствительность к ионизирующему излучению [3];
- введением в состав защитного слоя фильтрового красителя или композиции фильтровых красителей, поглощающих в зоне собственной чувствительности галогенида серебра менее 500 нм или в более длинноволновой области видимого спектра. Цель исследований Целью

настоящей работы являлось изыскание путей защиты радиографической плёнки от воздействия актиночного и неактиночного освещения в условиях практической радиографии в процессе зарядки и разрядки кассет, а также химико-фотографической обработки. Методика эксперимента Проведены исследования по возможности использования в составе композиции для защитного слоя радиографической плёнки для технических целей красителей, поглощающих как в области собственной чувствительности галогенида серебра, так и в длинноволновой области спектра. Исследуемые соединения вводили в виде водного раствора в композицию для защитного слоя непосредственно перед его нанесением. Композиция содержала в качестве пленкообразующих веществ желатин и полиакриламид. Для улучшения равномерности нанесения в композицию вводили дикалиевую соль продукта поликонденсации 1 моля октаглицерида 2-этилгексинилантарной кислоты с 2 молями 2-этилгексинилантарного ангидрида (смачиватель СВ-133) и глицерин в качестве пластификатора. Спектральную чувствительность радиографической плёнки измеряли на спектросенситометре ИСП-73, спектры поглощения красителей и спектры пропускания светофильтров неактиночного освещения измеряли на спектрофотометре СФ-46. Оптическую плотность измеряли на денситометре «Helling» по ГОСТ 8.588-2006. Рентгеносенситометрические показатели определяли в соответствии с методикой, изложенной в ОСТ 6-17-54-80. Экспериментальная часть На рисунке 1 показаны кривые спектральной чувствительности радиографической плёнки для технических целей и спектры пропускания светофильтров неактиночного освещения № 124 (жёлто-зелёный) и № 107 (тёмно-красный), которые применяются при обработке радиографических материалов. Рис. 1 - Спектральная чувствительность радиографической плёнки для технических целей (1); спектр пропускания светофильтра неактиночного освещения №124 (2); спектр пропускания светофильтра неактиночного освещения № 107 (3) Из рисунка 1 видно, что спектральная чувствительность радиографической плёнки для технических целей не совпадает с зоной пропускания жёлто-зелёного и тёмно-красного светофильтров неактиночного освещения. Известно, что зона собственного поглощения $AgBrI$ находится в пределах до 500 нм. Однако в процессе химической сенсibilизации микрокристаллы галогенида серебра приобретают дополнительную светочувствительность к более длинноволновой области спектра. Уровень светочувствительности к длинноволновой области спектра на 3-5 порядков ниже чувствительности в зоне собственного поглощения галогенида серебра [4, 5]. В условиях практической радиографии возможны значительные экспозиции неактиночным светом в процессе зарядки, разрядки кассет и химико-фотографической обработки пленки. Эти экспозиции накладываются фоном на экспозицию, произведённую ионизирующим излучением и формирующим радиографическое изображение и, как следствие, снижают контрастность

снимка и качество радиографического изображения. На радиографическую плёнку в процессе её эксплуатации могут воздействовать следующие излучения:

- ионизирующее излучение (рентгеновское и гамма-излучение), которое формирует радиографическое изображение и которое несет в себе информацию о контролируемом объекте. По интенсивности оно в наибольшей степени воздействует на микрокристаллы галогенида серебра;
- световое излучение в зоне собственной чувствительности галогенида серебра, которое может быть результатом засветки или неудовлетворительного качества фильтра неактиничного освещения (длительное пребывание плёнки под фонарём, высокая интенсивность неактиничного освещения, малое расстояние между радиографической плёнкой и фильтром, отсутствие рассеивателя в фильтре, трещина в фильтровом слое или несоответствие спектра пропускания фильтра требованиям). Это световое излучение даёт фон, который накладывается на радиографическое изображение, полученное при действии ионизирующего излучения, что приводит к снижению его контрастности и, как следствие, к падению радиографической чувствительности;
- световое излучение в зоне спектра более 500 нм, которое является следствием засвечивания прямым дневным (если кассета неудовлетворительного качества) или электрическим светом в процессе зарядки, разрядки кассет или в процессе химико-фотографической обработки радиографической плёнки;
- достаточно часто на радиографическую плёнку в процессе её хранения действует фоновое ионизирующее излучение, но его действие легко выявляется – ряд фирм в состав упаковки вводят небольшую полоску свинцовой фольги и, если плёнка подверглась действию излучения в процессе хранения, это становится видно сразу после обработки. Наиболее эффективным путём снижения чувствительности радиографической плёнки к неактиничному свету (до 500 нм) и к более длинноволновой области видимого спектра, по нашему мнению, является введение в состав защитного слоя фильтрового красителя или композиции красителей, поглощающих в этих зонах, и за счёт этого поглощения создающих фильтровый эффект. Использование этого способа не требует значительного изменения технологии изготовления, но может оказывать влияние на основные показатели назначения радиографической плёнки (чувствительность, средний градиент и оптическую плотность вуали). В экспериментах использовали следующие красители: жёлтый E102 (ГОСТ 6477-88), бриллиантовый синий С (ГОСТ Р 52481-2005) и чёрный E131 (ГОСТ 7536-80). На рисунке 2 приведены спектры поглощения этих красителей. Рис. 2 – Спектры поглощения исследуемых красителей: жёлтый E102, бриллиантовый синий С и чёрный E131 Анализ кривых поглощения красителей, приведённых на рисунке 2, и сопоставление кривых данного рисунка с кривыми рисунка 1, позволяет сделать вывод, что краситель жёлтый E102 поглощает свет в синей области спектра, и его спектр поглощения перекрывает зону собственной

чувствительности галогенида серебра. Этот краситель теоретически можно использовать для защиты радиографической плёнки от несанкционированных засветок в процессе зарядки, разрядки и химико-фотографической обработки пленки. Другие два красителя (бриллиантовый синий С и чёрный E131) достаточно хорошо поглощают свет в жёлто-зелёной и красной областях спектра, и эти красители целесообразно применять для защиты радиографической плёнки от неактиничного света, который излучается фонарём с защитным светофильтром № 124 или №107. Введение одного фильтрового красителя или композиции красителей в состав защитного слоя может оказывать влияние не только на поглощение света радиографическим материалом, но и на его радиационную чувствительность и средний градиент. В процессе нанесения, студенения, сушки защитного слоя и химико-фотографической обработки пленки краситель может диффундировать в состав эмульсионного слоя, адсорбироваться на поверхности микрокристаллов галогенида серебра и оказывать влияние на процесс формирования скрытого радиографического изображения. Наибольшее влияние он может оказывать при экспонировании гамма-излучением, когда, как показали ранние эксперименты, скрытое изображение формируется преимущественно на поверхности микрокристаллов галогенида серебра (как и в случае действия света) [4].

Толщина защитного слоя отечественных радиографических плёнок не превышает 2 мкм, а предварительные эксперименты показали, что для того, чтобы оказать ощутимое действие на поглощение света необходимо введение фильтровых красителей в интервале концентраций, обеспечивающих при такой толщине оптическую плотность в максимуме поглощения не менее 0,8 – 1,2 Б. На рисунке 3 показана зависимость оптической плотности защитных модельных слоёв от концентрации исследуемых красителей. Рис. 3 – Зависимость оптической плотности защитных модельных слоёв, изготовленных с использованием исследуемых красителей

Данные рисунка 3 показывают, что в исследуемом интервале концентраций красителей наблюдается линейная зависимость плотности от концентрации, что полностью соответствует закону Бугера-Ламберта-Бера и свидетельствует о том, что в процессе формирования слоя, сопровождающегося его студенением и сушкой, указанные красители не выпадают в осадок. Для дальнейших экспериментов использовались концентрации красителей, обеспечивающих значения оптических плотностей в интервале $0,8 \pm 0,1$ Б. На качество радиографического контроля может оказывать влияние плотность фона, создаваемого остаточным красителем, если он не удалится или не обесцветился в процессе химико-фотографической обработки пленки. Краситель, поглощающий коротковолновую область спектра, может накладываться на плотность фона основы и способствовать повышению визуального контраста изображения. Остаточные красители, поглощающие длинноволновую область спектра, будут мешать выявляемости мелких деталей

изображения и поэтому их наличие недопустимо [1]. На рисунке 4 приведены значения оптических плотностей фона, формируемого исследуемыми красителями до химико-фотографической обработки и после неё. Рис. 4 – Оптические плотности фона образцов радиографической плёнки с исследуемыми красителями в защитном слое до и после химико-фотографической обработки. Как видно из рисунка 4 практически все красители вымываются или обесцвечиваются в процессе химико-фотографической обработки и не создают в выбранном интервале концентраций остаточного фона, который может влиять на выявляемость дефектов в практической радиографии. На основе проведённых экспериментов были изготовлены лабораторные образцы радиографической плёнки с использованием исследуемых фильтровых красителей. Эти красители вводили в композицию для защитного слоя, которая содержала желатин, полиакриламид, дисперсию полиметилметакрилата, бисвинилсульфонилметан, хромокалиевые квасцы и дикалиевую соль продукта поликонденсации 1 моля октаглицерида 2-этилгексинилантарной кислоты с 2 молями 2-этилгексинилантарного ангидрида (смачиватель СВ-133). Контрольный образец не содержал фильтровых красителей. В остальные образцы вводили исследуемые красители в следующих количествах: жёлтый E102 – 0,3 г/100 мл, бриллиантовый синий С – 0,4 г/100 мл и чёрный E131 – 0,5 г/100 мл. После введения фильтровых красителей композицию перемешивали и выдерживали в течение 40 минут при температуре 50 оС для удаления воздушных пузырей. Затем данную композицию наносили поверх эмульсионного слоя, содержащего плоские, равномерно распределённые микрокристаллы галогенида серебра, желатин, водный латекс сополимера бутилакрилата, стирола и метакриловой кислоты, резорцин, сорбитол, моносодиевую соль 2,4-дихлор-6-окситриазина-1,3,5 и СВ-133. В таблице 1 приведены результаты рентгеносенситометрических испытаний лабораторных образцов радиографической плёнки и световых испытаний в условиях неактивного и активного освещения. Результаты экспериментов показали, что введение фильтровых красителей в исследуемом интервале концентраций в композицию для защитного слоя не оказывает существенного влияния на рентгеносенситометрические показатели радиографической плёнки и, следовательно, не окажет влияние на качество радиографического контроля. Введение красителя жёлтый E102 позволяет снизить чувствительность к неактивному освещению, но практически не влияет на чувствительность к дневному (активному) освещению. Это обусловлено тем, что спектр поглощения этого красителя подобен спектру собственного поглощения микрокристаллов галогенида серебра в этой области. Таблица 1 – Результаты испытаний лабораторных образцов радиографической плёнки с фильтровыми красителями в защитном слое. Наименование красителя Рентгеносенситометрические показатели Оптическая плотность фона, Б Чувствительность $S_{0,85}$, Р-

1 Сред-ний гра-диент G Плот-ность вуали Do Неак-тинич-ный свет (свето-фильтр № 107) Фильтр днев- ного света, T=6500 K Контр. образец (без краси-телей) 5, 1 4,5 0,07 2,5 2,9 Жёлтый E102 5,0 4,7 0,08 1,5 2,8 Брилли-антовый синий С 5,2 4,4 0,07 2,31 1,37 Чёрный E131 5,0 4,5 0,09 2,45 1,89 Жёлтый E102 + брилли-антовый синий С 5,1 4,6 0,07 1,4 1,3 Жёлтый E102 + чёрный E131 5,1 4,5 0,08 1,4 1,8 Брилли-антовый синий С + чёрный E131 5,0 4,4 0,09 1,8 1,35

Введение красителя бриллиантовый синий С незначительно снижает чувствительность к неактиничному свету, но более чем в два раза понижает чувствительность к дневному свету. Краситель чёрный E131 практически не влияет на чувствительность к неактиничному освещению, а по эффективности действия в длинноволновой области спектра уступает бриллиантовому синему С. Наилучшие результаты показало введение в композицию для защитного слоя сочетания красителей: жёлтый E102 и бриллиантовый синий С, что вероятно обусловлено тем, что это сочетание по поглощению перекрывает как область собственной чувствительности галогенида серебра, так и примесной чувствительности в длинноволновой области спектра. Выводы Защитные слои, содержащие исследуемые красители (жёлтый E102 ,бриллиантовый синий С и чёрный E131) позволяют снизить влияние фоновых засветок от актиничного и неактиничного освещения, что повысит достоверность и надёжность и качество радиографического контроля, особенно в условиях полевых лабораторий, когда трудно соблюдать светотехнический режим.