

Г. ШЕНК Г. КЕНДАЛЛ

ПОДВОДНАЯ
СЪЕМКА



ГОСУДАРСТВЕННОЕ
ИЗДАТЕЛЬСТВО
«ИСКУССТВО»

Underwater Photography

By

HILBERT SCHENCK, JR.

and

HENRY W, KENDALL

Illustrations by John E Johnson

CORNELL MARITIME PRESS
CAMBRIDGE, MARYLAND

1957

Подводная съёмка

Г. ШЕНК

Г. КЕНДАЛЛ

Перевод с английского

В.М. Перерва

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО

•ИСКУССТВО•

МОСКВА 1960

От редакции

Книга Г. Шенка и Г. Кендалла «Подводная съемка» представляет собой первую попытку собрать воедино разнообразный материал по опыту подводной фото- и киносъемки, накопленный за последние два десятилетия. Актуальность книги, обеспечившая успех первому и второму изданиям, объясняется возросшим интересом к технике подводной съемки со стороны ученых-океанологов и любителей подводного спорта. Авторы книги правильно замечают, что появление и распространение легкого водолазного снаряжения дало наибольший стимул в развитии подводного фотографирования.

Опубликованные в печати фотографии подводных ландшафтов и появившиеся на экранах короткометражные цветные фильмы, снятые первыми энтузиастами этого дела, открыли для нас незабываемые красоты «голубого континента» и сделали необычайно популярным подводный спорт и подводную съемку среди самых широких слоев населения.

Среди массы спортсменов, желающих заниматься подводной съемкой, не все достаточно хорошо знакомы с основами обычной фотографии. Эта категория спортсменов больше всего нуждается в пособии, которое в простой и доступной форме снабдило бы их минимально необходимыми сведениями для успешного фотографирования и киносъемки под водой.

По замыслу авторов, книга предназначена для широкого круга людей с самым различным уровнем подготовки. Она почти

не дает «готовых рецептов», предоставляя в распоряжение читателя обширный справочный и иллюстративный материал.

Первые главы книги коротко знакомят читателя с общими физическими основами оптики и фотометрии. В них популярно излагаются те особенности подводного фотографирования, которые связаны с влиянием более плотной, чем воздух, оптической среды — водой.

Подробно и хорошо изложены в книге вопросы подводной съемки в условиях естественного и искусственного освещения. Используя этот материал, малоопытный фотограф сможет получить удовлетворительные результаты с первых же шагов своей практической деятельности.

В книге отсутствуют чертежи боксов фото- и кинокамер, используемых при подводных съемках, Обилие иллюстраций частично восполняет этот недостаток, давая направление технической фантазии читателя и ориентируя его в выборе основных параметров конструкции, которая наиболее полно отвечает его требованиям и возможностям.

В главе, посвященной особенностям съемки при искусственном освещении, содержится много полезных сведений по электронным импульсным источникам и их эксплуатации, приводятся некоторые простые схемы, которые любитель, обладающий элементарным навыком радиотехнического монтажа, может наготовить сам,

В книгу включены также статьи по глубоководной фотографии Вудс-Хоулского океанографического института. Сделано это, по-видимому, для популяризации применения подводной фотографии в чисто научных целях. Однако материал этих статей в значительной степени устарел и научной ценности в настоящее время не представляет. Он имеет чисто познавательный интерес.

Перевод книги сделан со второго, переработанного авторами издания.

ПРЕДИСЛОВИЕ

В 1900 г. во Франции д-ром Луп Бутаном была написана книга по подводному фотографированию, представляющая собой исследование о способах съемки под водой как при искусственном, так и при естественном освещении. Если бы в то время существовало подходящее легководолазное снаряжение и соответствующая фотографическая аппаратура, подводная съемка была бы сейчас более развитой областью фотографии, чем фотосъемка с использованием электронной импульсной лампы, цветная или стереоскопическая фотография.

К сожалению, труд д-ра Бутана оставался совершенно неизвестным в течение всех тех лет, когда многочисленные исследователи бились над разрешением специальных проблем, связанных с фотографированием под водой. Настоящая книга представляет собой попытку собрать воедино все наиболее ценное из этих разрозненных работ и показать, что подводное фотографирование является весьма интересной и увлекательной областью фотографии.

При написании книги нам приходилось иметь в виду читателей с различной подготовкой и с самыми разнообразными запросами. Если бы мы придали этой книге более технический уклон, то она превратилась бы просто в собрание необоснованных «рецептов» для получения подводных фотографий и не смогла бы служить базой для более серьезной работы. Заполнить же книгу одними коэффициентами ослабления и поглощения света

значило бы обмануть ожидания не искушенного в технике читателя, который хочет сразу получать снимки, а не заниматься теорией.

Единственное правильное решения — начать с изложения теоретических вопросов оптики и фотометрии и закончить сравнительно несложными указаниями по определению экспозиции и применению светофильтров. Мы искренне надеемся, что все читатели найдут в книге интересный для себя материал и что они простят нам, если некоторые разделы окажутся для них либо слишком популярными, либо слишком сложными.

Как увидит в дальнейшем читатель, мы пользовались в основном океанографическими работами, которые не были специально посвящены вопросам фотографирования. Водоемы мира бесконечно разнообразны и еще ждут исследователей и экспериментаторов, которые бы подтвердили уже имеющиеся данные новыми работами, посвященными фотографическим проблемам. Основная литература по трактуемому вопросу собрана в библиографии в конце книга.

Главное внимание и этой книге уделено использованию съемочных аппаратов, управляемых человеком (ныряльщиком или водолазом), по той причине, что большинство подводных фотографов будет работать именно таким образом. Теоретические положения и фотометрические данные могут быть применены как при глубоководном, так и при мелководном фотографировании, а равно и в узкоспециальных областях: при экспериментах с подводными взрывами, при обследовании корпусов, гидропланирующих поверхностей и гребных винтов, при исследовательских работах по кавитации.

Если изложенный в этой книге материал побудит хотя бы некоторых читателей заняться научением свойств разнообразных водоемов мира (морей, рек, озер) с точки зрения фотографии и публиковать полученные ими данные, авторы будут считать поставленную перед собой задачу полностью выполненной.

ПРЕДИСЛОВИЕ КО ВТОРОМУ ИЗДАНИЮ

Со времени выхода в свет книги «Подводная съемка» в этой области произошли значительные изменения; так, появилось много новых типов камер и водонепроницаемых кожухов к ним и, что более важно, весьма возросла светочувствительность пленок. Все это, равно как и последние достижения в конструировании и использовании осветителей с импульсными лампами и лампами-вспышками одноразового действия, получило отражение в настоящем исправленном и дополненном издании. Важнейшей составной частью всякой книги, дающей основы новой области фотографии, должны быть сведения по определению экспозиции и применению светофильтров, и посвященные этим вопросам разделы в данном издании расширены и, пожалуй, несколько проще изложены.

Авторы надеются, что эта книга и книги «Автономное ныряние и подводная охота» и «Руководство по автономному нырянию и подводной охоте в американских водах» составят подручную библиотечку ныряльщика, серьезно интересующегося легководолазным спортом.

Авторы хотели бы выразить особую благодарность Дж. И. Джонсону, который выполнил заново много рисунков для этого издания и добавил свежий материал.

Такую книгу, как эта, невозможно было бы написать без содействия многих людей. Авторы выражают свою благодарность

Дэвиду М. Оуэну из Вудс-Хоулского океанографического института и Джерри Гринбергу за написанные ими статьи по некоторым вопросам подводного фотографирования. Мы также хотели бы поблагодарить Мэри-Лоу Шеш за гранку корректуры и за ту помощь и ободрение, которые она оказывала нам во время написания рукописи.

Авторы благодарят д-ра Гарольда Эджертона из Массачусетского технологического института, не раз помогавшего ценными критическими замечаниями и советами.

Мы выражаем также нашу благодарность и наилучшие пожелания всем лицам и организациям, любезно предоставившим в наше распоряжение фотографии и помогавшим нам советами.

Г л а в а I

ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ ПО ОПТИКЕ И ФОТОМЕТРИИ

С тех пор как человек получил возможность проникать в подводный мир, он не перестает восхищаться неповторимой игрой красок, необычными ландшафтами и многообразием форм жизни в воде, наблюдая их в естественном окружении. Благодаря разработке и усовершенствованию автономного легководолазного снаряжения, а также удобной, высокоточной съемочной аппаратуры стало возможным фиксировать происходящие в воде сцены и действия как ради удовольствия, так и с теми или иными специальными целями.

Фотоснимок представляет для научной работы такие данные, которые не могут быть получены никаким иным способом, особенно если дело касается недоступных для человека глубин. При помощи цейтраферных съемок, производимых автоматически действующими кинокамерами на протяжении нескольких недель или месяцев, можно зафиксировать действие океанских течений на илистое или песчаное дно, а затем воспроизвести этот процесс па экране в течение нескольких минут. Применяв синхронизированную вспышку электронной импульсной лампы, можно «поймать» на пленку быстродвижущуюся рыбу.

Для неспециалиста съемочный аппарат является единственной возможностью воспроизводить картины

подводного мира, которые он может наблюдать лишь изредка.

Проблемы, возникающие в связи с перенесением съёмочного аппарата под воду и с необходимостью управлять им там, настолько отличаются от проблем, с которыми приходится сталкиваться при фотографировании в воздушной среде, что для их разрешения были разработаны совершенно новые способы и приемы. Некоторый из этих проблем являются главным и имеют непреходящий характер, как, например, низкие интенсивности света, иной баланс цветных лучей, подводная дымка. Другие проблемы — второстепенны (хотя и не менее реальны); сюда относятся, например, вопросы обеспечения водонепроницаемости и действия органов управления аппаратуры. При решении этих последних, конструктивных проблем большую роль играет изобретательность самого подводного фотографа. Почти ни в одной другой отрасли фотографии фотограф не зависит в такой мере от собственной изобретательности, отчасти в связи с отсутствием в продаже необходимого оборудования и отчасти ввиду чрезвычайного разнообразия физических и оптических условий, с которыми он может столкнуться. Во многих случаях подводному фотографу приходится видоизменять или даже самому конструировать и изготовлять оборудование для использования в тех или иных определенных условиях.

Для того чтобы, удовлетворительно разрешить все эти проблемы, совершенно необходимо глубокое понимание законов подводной оптики и фотографии. Поэтому в настоящей главе излагаются основы: оптики и фотометрии в применении к подводным условиям. Для более полного знакомства с оптикой и теми вопросами, которые рассматриваются нами лишь вкратце, мы отсылаем читателя к обширной библиографии, собранной в приложении, особенно к общим руководствам по оптике и фотографии, помещенным в разд. VI библиографии. Тем, кто совсем не знаком с оптикой или фотографией, рекомендуется ознакомиться с элементарными руководствами, но этим предметам, чтобы лучше понять изложенные в настоящей главе законы. Вполне

удовлетворительные снимки можно получать и в том случае, если следовать указаниям, но определению экспозиции, приведенным в гл. IV и V, однако наилучшие результаты могут быть достигнуты лишь при понимании основных законов распространения света в воде естественных водоемов. Тот, кто серьезно решил заниматься подводной съемкой, очень скоро убедится на опыте, какую большую пользу приносит ему знание этих законов.

ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ ОПТИКА

Если свет падает под некоторым углом на плоскую поверхность раздела двух прозрачных сред различной оптической плотности {например, когда свет переходит из воздуха в неподвижную массу воды), то, как известно, определенная часть упавшего света отразится обратно в первую среду (воздух), а остальная часть будет пропущена во вторую среду (вода), хотя уже в ином направлении, чем то, в каком шел первичный пучок. Интенсивность пропущенного пучка и величина угла, который он образует с падающим пучком, зависят от оптических свойств обеих сред и от угла между первичным пучком и поверхностью раздела. Специфическое свойство, обуславливающее описанные явления, количественно характеризуется показателем преломления. Последний определяется строго научно как отношение скорости света в пустоте к скорости света в данной среде. Этот показатель для лучей видимой части спектра всегда больше единицы, хотя и отличается на величину, составляющую примерно три тысячных.

Угол, образуемый преломленным лучом (частью светового пучка, прошедшей через поверхность раздела) и нормалью к поверхности раздела, и соответствующий угол падающего луча связаны между собой зависимостью

$$n \sin a = n' \sin a', \quad (1)$$

(закон Снеллиуса), где n и n' - показатели преломления первой и второй среды, a и a' — углы падения и

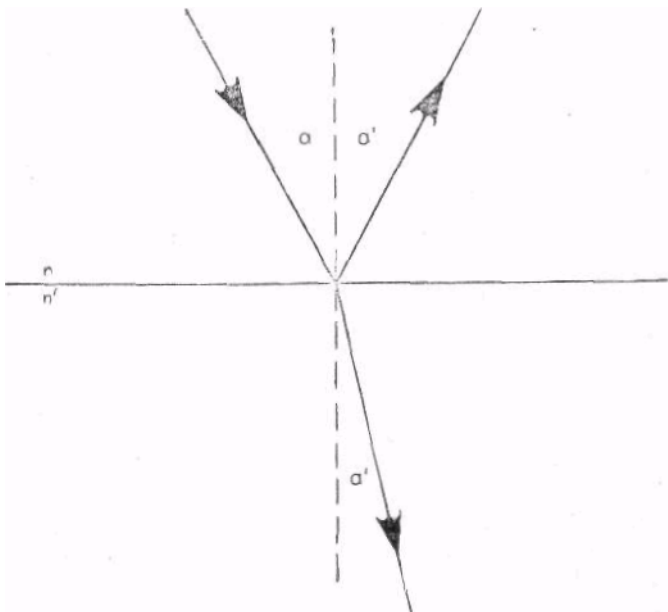


Рис. 1. Схема, поясняющая отражения и преломление света на поверхности раздела двух сред

преломления (рис. 1). Угол падения a всегда равен углу отражения a'' . При переходе в среду с большим показателем преломления луч света всегда отклоняется в сторону нормали. Поэтому на рис. 1, где n' больше, чем n , a' меньше, чем a . Если n' больше, чем n (как это имеет место в случае перехода светового луча из воздуха в воду), то по мере увеличения угла a угол преломления тоже будет увеличиваться, хотя и не так сильно. В конце концов угол падения достигнет 90° , т. е. луч света будет параллелен поверхности раздела. Когда это произойдет, световой луч в более плотной среде будет проходить под углом a'_k , все еще меньшим, чем 90° . Этот угол a'_k называется критическим углом. Он определяется отношением: $\sin a'_k = n/n'$ — так как $\sin 90 = 1$.

Если бы ныряльщик, находясь под водой, направил пучок света в сторону поверхности воды под углом, равным или превышающим a'_k , этот пучок никогда бы не вышел за пределы поверхности воды, а полностью отразился бы обратно в воду. Показатель преломления воды составляет $\frac{4}{3}$, так что критический угол равен примерно 48° . Таким образом, если угол, заключенный между линией зрения ныряльщика и нормалью к поверхности воды, больше 48° ныряльщик не сможет видеть предметов, расположенных над водой, а увидит лишь отражение дна на поверхности раздела вода — воздух. Это показано на рис. 2, где a_k — критический угол.

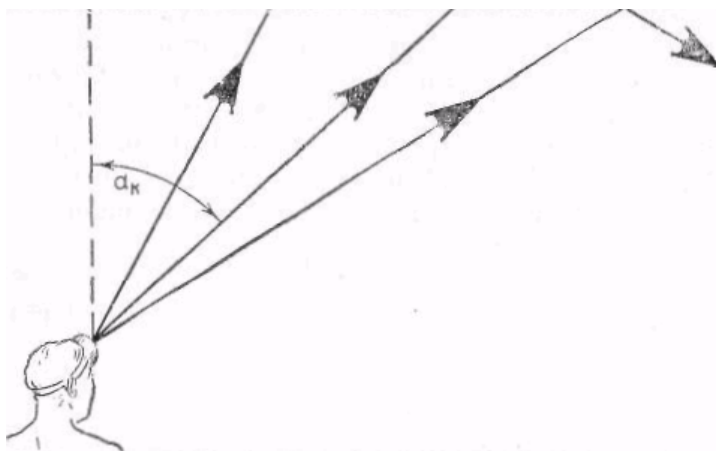


Рис. 2, Схема, поясняющая явление критического угла. При перемещении линии зрения ныряльщика по часовой стрелке он может видеть предметы, расположенные над водой, лишь до тех пор, пока угол, заключенный между линией зрения и нормалью к поверхности воды, будет оставаться меньше угла a_k . При больших углах он будет видеть только отраженные поверхностью раздела, как зеркалом, предметы, находящиеся под водой

Этим же законом преломления объясняется и кажущееся сокращение расстояния до объекта, находящегося в более плотной среде, чем наблюдатель. Лучи света от лампочки, погруженной под воду, кажутся наблюдателю, находящемуся над водой, выходящими из точки, более близкой к поверхности, чем действительная глубина погружения лампочки. Для воды глубина этой точки составит $\frac{3}{4}$ действительной глубины. Важно отметить, что наблюдается и фотографируется именно это мнимое изображение; аппарат, находящийся над поверхностью воды и снимающий объект на глубине 4 м под водой, должен быть установлен на фокус на расстояние в 3 м. Так как подводные аппараты обычно заключены в водонепроницаемую оболочку и находятся в воздушной среде, то это же правило будет действовать и при фотографировании под водой. Мнимое изображение объекта, которое «видит» аппарат, расположено на расстоянии, составляющем всего $\frac{3}{4}$ действительного расстояния от объектива до объекта съемки.

С этим явлением тесно связано другое явление, а именно изменение угла поля зрения аппарата, направленного в среду иной плотности. Это легко вычислить по закону Снеллиуса, помня, что угол поля зрения объектива в 2 раза больше угла, который мы определили как угол падения. Например, аппарат, имеющий в воздухе ($n = 1$) угловое поле зрения по горизонтали 40° , будет иметь под водой ($n = \frac{4}{3}$) угловое поле всего 30° , так как, согласно закону Снеллиуса, $\sin(\frac{40^\circ}{2})$ равен $1,33$ ($\frac{30^\circ}{2}$). Таким образом, широкоугольный объектив частично утратит свою эффективность, а нормальный объектив будет снимать как слабый длиннофокусный объектив в воздушной среде. Кроме того, ни один объектив при съемке под водой через плоскую поверхность раздела (т. е. сквозь окно бокса, сделанное из плоскопараллельного стекла) не может иметь угловое поле зрения больше, чем примерно 90° (несколько меньше удвоенного критического угла в 48°), причем будет наблюдаться очень сильное искажение на краях поля изоб-

ражения. Как мы увидим ниже, при больших углах наклона лучей интенсивность пропущенного света значительно ослабляется. Половина максимального угла



Рис. 3. Французские олимпийские подводные пловцы выполняют упражнение в Парижском бассейне. Снимок сделан фотоаппаратом «Роллейфлекс» в водонепроницаемом боксе «Ондифот» на пленку «Супер XX»; диафрагма 8: $\frac{1}{100}$ сек. (Фото Жака Гадро)

используемого поля без нежелательных искажений составляет около 15° , т. е. угловое поле объектива должно быть 30° (см. библиогр., III, 2). Предпринимались попытки использовать в качестве поверхности

раздела двух сред выпуклое стекло, чтобы увеличить поле зрения аппарата. Для окна из такого стекла необходимо специально видоизменять всю конструкцию объектива, что под силу только оптической мастерской.

ИНТЕНСИВНОСТЬ, ЦВЕТНОСТЬ И ПОЛЯРИЗАЦИЯ СВЕТА

Интенсивность света имеет чисто физический смысл. Она характеризуется энергией светового пучка, проходящего через единицу площади поперечного сечения в секунду в данном участке пространства. Она может быть измерена, например, в ваттах (или микроваттах) на квадратный метр. С точки зрения фотографии — это наилучшая мера «количества» света, проходящего через единицу площади.

Воспринимаемая глазом яркость зависит не только от интенсивности света, но еще и от цветности и от способности света возбуждать зрительные ощущения. Это уже явления психофизиологического порядка. Для наших целей мы будем считать интенсивность света мерой фотографического действия пучка света.

Пучок белого света, проходящий через призму, разлагается на спектр цветов. Каждый из этих цветов соответствует характерной для него длине волны. Видимая область спектра охватывает участок длин волн примерно от 610 до 450 *ммк* (миллимикрон — одна миллионная доля миллиметра), т. е. от красного до сине-фиолетового цвета.

Свет от источника той или иной цветности обычно состоит не из излучений одной длины волны, а содержит излучения многих длин волн, причем пучок лучей каждого небольшого участка длин волн обладает определенной интенсивностью. Большинство источников света, с которыми нам придется иметь дело, излучают неполяризованный свет; полную характеристику пучка неполяризованного света мы получим, определив интенсивность света в каждом участке длин волн. Такая характеристика называется кривой спектрального распределения энергии излучения и показывает интенсивность света как функцию

длины полны. Мы не будем рассматривать весьма специальные случаи, когда такая кривая не носит плавного и непрерывного характера (линейчатый спектр), так как они очень редко имеют место под водой.

Если физическое тело нагреть до высокой температуры, оно будет излучать энергию в видимой области спектра, и его называют самосветящимся. Путем экспериментальных измерений была получена форма кривой спектрального распределения излучаемой энергии для разных тел при различной температуре. Было установлено, что спектральное распределение энергии излучения некоего идеального излучателя, так называемого абсолютно черного тела (которое может быть весьма близко воспроизведено искусственно), хорошо согласуется с формулой, выведенной физиком Максом Планком теоретическим путем. Интересно, что при вычислении спектрального распределения энергии излучения по формуле форма кривой определяется только абсолютной температурой источника. Так возник термин цветовая температура: это спектральное распределение энергии излучения абсолютно черного тела, имеющего такую же абсолютную температуру.

Нить лампы накаливания, как и солнце, является приемлемым приближением к абсолютно черному телу. Такие источники света, как эти или лампа-вспышка одноразового действия и электронная импульсная лампа, можно характеризовать их цветовой температурой.

В отношении более обычных источников света, таких, например, как свет, отраженный от окрашенного объекта, или свет, прошедший через светофильтр, понятие цветовой температуры менее приемлемо. Форма кривой спектрального распределения может при этом не соответствовать спектральному распределению энергии излучения абсолютно черного тела при какой бы то ни было температуре. В таком случае необходимо снова обратиться к кривой спектрального распределения, которая содержит все нужные нам сведения, касающиеся света.

Последнее представляющее для нас интерес свойство света — его поляризация. Говоря техническим языком, луч света, поляризованный в одной плоскости,

представляет собой такой луч, в котором электромагнитные колебания (перпендикулярные к линии распространения света) происходят в одном направлении. Неполаризованный луч можно рассматривать как луч, состоящий из двух самостоятельных лучей, поляризованных в двух перпендикулярных друг к другу плоскостях. Отражательные свойства поверхности раздела двух прозрачных сред зависят от состояния поляризации света, поэтому понятно, что составляющие неполяризованного луча поведут себя по-разному и такой свет при преломлении или отражении может оказаться частично поляризованным.

Углы преломления и отражения определяются законом Снеллиуса и не зависят от поляризации. Однако интенсивности отраженного и преломленного световых пучков от поляризации зависят. Если отношение интенсивности отраженного светового пучка к интенсивности падающего светового пучка мы назовем коэффициентом отражения R , то очевидно, что эта величина будет определяться углами a и a' , показанными на рис. 1 для случая поверхности раздела воздух — вода. Если принять, что R_1 — коэффициент отражения луча света, поляризованного в плоскости, параллельной поверхности раздела, для любой величины угла a , а R_2 — коэффициент отражения луча света, поляризованного в плоскости, перпендикулярной к плоскости поляризации первого луча, то формулы Френеля будут иметь вид:

$$R_1 = \frac{\operatorname{tg}^2(a - a')}{\operatorname{tg}^2(a + a')}; \quad R_2 = \frac{\sin^2(a - a')}{\sin^2(a + a')}. \quad (2)$$

Мы видим, что в обоих случаях коэффициент отражения стремится к единице, по мере того как падающий луч наклоняется к самой поверхности раздела, т. е. по мере того, как угол a приближается к 90° . R_1 увеличивается постепенно от небольшого значения, когда a равно нулю, до единицы, когда a приближается к 90° . Коэффициент R_2 увеличивается не постепенно: сначала он скорее уменьшается от небольшого значения при a , равном нулю, до нуля при достижении промежуточного угла, называемого углом Брюстера*,

* Угол полной поляризации.— Прим. перев..

а затем непрерывно увеличиваются до единицы, по мере того как a приближается к 90° .

Если неполяризованный солнечный свет падает на неподвижную поверхность воды под углом Брюстера, составляющим 59° , то отраженный свет поляризуется

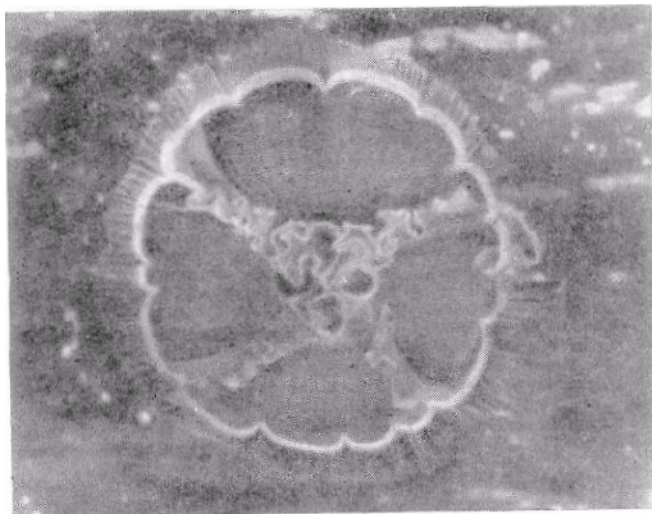


Рис. 4. Медуза «морское сердце», снятая крупным планом в толще воды фотоаппаратом, направленным снизу вверх. Пленка «Кодахрам»; естественное освещение; диафрагма $2,2; \frac{1}{100}$ сек.

почти полностью. Этот свет можно почти целиком погасить при помощи соответственно ориентированного поляризационного светофильтра; этим объясняется ослабление бликов, даваемое поляризационными очками. Пропущенный свет поляризуется частично, так как он состоит из двух неодинаковых составляющих. Даже совершенно неполяризованный свет от неба может оказаться частично или полностью поляризованным при прохождении через слой воды. Это объясняется рассеянием света и будет рассмотрено в гл. IV.

В связи с тем, что при больших значениях угла α имеет место почти полное отражение, относительная доля солнечного света i ; освещении подводных объектов при этом уменьшается. Когда солнце стоит высоко над горизонтом, свет от неба может составлять всего 10—20% общей интенсивности света, падающего на поверхность воды, однако при очень низком положении солнца над горизонтом вследствие имени высокой степени отражении солнечных лучей свет от неба приобретает гораздо большее значение для подводного освещения. Это явление может изменить спектральное распределение излучаемой энергии под водой, так как в свете от неба преобладают синие лучи.

РАССЕЯНИЕ И ПОГЛОЩЕНИЕ СВЕТА

Когда луч света падает на очень маленькую частицу, например на капельку тумана или пылинку, такая частица может отразить какую-то долю падающего на нее света во всех направлениях. Это явление называется *р а с с е я н и е м*, а изменение интенсивности рассеянного светового пучка в зависимости от угла (по отношению к направлению падающего пучка) называют *у г л о в ы м р а с п р е д е л е н и е м* рассеянного света. При истинном рассеянии нет потерь общей интенсивности пучка света, происходит лишь изменение направления светового луча. Второй процесс, также приводящий к ослаблению света, называется *п о г л о щ е н и е м*. При поглощении часть световой энергии преобразуется в тепло. Маленькая частица, обладающая истинным поглощением и не рассеивающая света, будет казаться черной.

Если какая-либо часть пространства содержит много рассеивающих центров, например капелек воды в воздухе, причем поглощение невелико, то пучок света быстро теряет свое первоначальное направление и освещение, благодаря явлению многократного рассеивания, становится диффузным. Это имеет место при легком тумане или в воде, содержащей взвешенные частицы, не обладающие поглощением. Освещение в таком случае равномерное, и предметы почти не

отбрасывают тени. Если же свет входит в среду, обладающую сильным поглощением, световой пучок по мере удаления от источника не только ослабляется, но и становится все более направленным. Например, ныряльщик, находящийся в очень темной воде и глядящий вверх, в сторону поверхности, освещаемой диффузно рассеянным светом от неба, по мере погружения замечает, что свет как бы исходит из все более и более сужающегося участка прямо над головой. Этот эффект объясняется тем, что полное поглощение пучка света в сильной степени зависит от расстояния, пройденного им в поглощающей среде. Расстояние до поверхности воды будет кратчайшим прямо над головой, так что на больших глубинах наибольшая доля оставшегося непоглощенным света направлена перпендикулярно вниз.

Таким образом, в мутной, поглощающей среде мы наблюдаем два противодействующих друг другу явления: рассеяние стремится разбить направленный пучок параллельных лучей, поглощение стремится собрать в пучок параллельных лучей первоначально рассеянный свет.

Ослабление светового пучка происходит по так называемому экспоненциальному закону ослабления света. Он основан на том, что в равномерно рассеивающей и поглощающей или только рассеивающей или поглощающей среде интенсивность пучка света, проходящего через слой среды данной толщины, ослабляется на постоянную величину, не зависящую от его первоначальной интенсивности. Если световой пучок с первоначальной интенсивностью I_0 направить в такую среду, то интенсивность этого пучка по прохождении расстояния в x метров будет:

$$I = I_0 e^{-bx}, \quad (3)$$

где b , — величина, называемая показателем вертикального ослабления.

Как правило, показатель вертикального ослабления выражается и обратных метрах ($1/m$).

Этот показатель b можно разложить на две составляющие:

$$B = A + S, \quad (4)$$

где S — коэффициент рассеяния и A — коэффициент

поглощения. Была проделана очень большая работа по определению значений этих коэффициентов для различных типов океанской воды (см. библиогр., I). В настоящей океанской воде вдали от берега рассеяние незначительно, ослабление света обуславливается в основном поглощением [I, 29]. Типичным для такой



Рис. 5. Историческая фотография, снятая в 1907 г. Этьеном По, последователем Луи Бутана, изображающая покрытый моллюсками и водорослями старый бочонок. Этьен По работал в эстуарии Сены и применял для получения некоторых снимков, в том числе и этого, искусственное освещение. Ему также принадлежит идея помещать перед объективом конус из отфильтрованной воды для улучшения условия съемки при фотографировании в мутной воде. (Снимок из собрания Джеймса Дьюгана)

воды значением коэффициента b может быть 0,03 на метр, что равноценно средней длине пути 30,5 м, проходимого световым пучком до полного поглощения. При отсутствии рассеяния такой объект, как подводный источник света, будет виден на еще большем расстоянии. Наибольшее расстояние (глубина), на котором еще наблюдался такой источник света, составило 177 м. В качестве тест-объекта для определения видимости под водой обычно применяется так называемый диск Секки — белый круг диаметром 30 см. Данные показаний диска Секки под водой слишком

сложны и противоречивы, чтобы ими мог пользоваться рядовой подводный фотограф.

Для очень прозрачной прибрежной воды коэффициент b может составлять 0,15 на метр, для воды бухт, возможно, 0,3 на метр и для воды гаваней — от 0,6 до 1,2 на метр и выше. Вода прибойной зоны обладает большим рассеянием, так как она содержит значительно больше взвешенных частиц как органического, так и неорганического происхождения.

Приведенные нами значения коэффициента b являются средними для белого света. Одна из характерных особенностей воды естественных водоемов заключается в том, что коэффициенты рассеяния и поглощения в сильно степени зависят от длины волны световых лучей. Чистая вода обнаруживает синюю окраску, которая указывает на то, что имеет место более сильное поглощение в красном конце спектра с соответственно более высоким значением коэффициента b , чем в синей части спектра. Наличие растворенных солей и взвешенных частиц, обладающих зависящим от длины волны рассеянием или поглощением, также приводит к изменению спектрального распределения энергии пропущенного света. Коэффициенты b , A и S , выраженные как функции длины волны, представляют собой дифференциальные коэффициенты ослабления, поглощения и рассеяния света и могут быть использованы для определения изменения спектрального распределения энергии света при прохождении через слой воды. Оптическое приспособление, применяемое для изменения спектрального состава светового пучка без преломления и рассеяния, называется светофильтром. При фотографировании под водой светофильтры имеют очень большое значение, позволяя фотографу наметать по своему усмотрению цветовой баланс естественного и искусственного освещения или подавлять нежелательные участки спектра.

Оптические свойства неполяризационного светофильтра характеризуются кривой пропускания, которая дает в процентном отношении величину пропускания света на каждой длине волны. Другой характеристикой светофильтра является его опти-

ческая плотность, но этой величиной мы здесь не пользуемся ввиду того, что она мало удобна для наших целей.

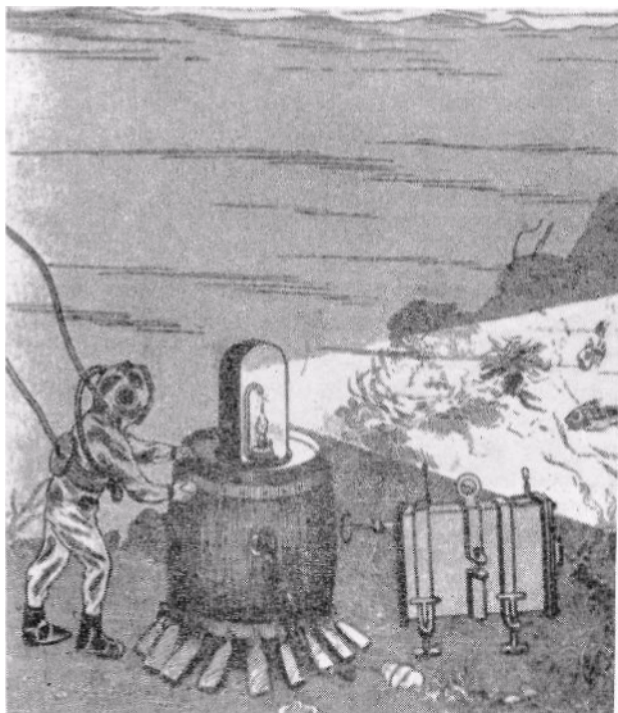


Рис. 6. Схематический рисунок, изображающий оборудование применявшееся д-ром Луи Бутаном на рубеже XIX и XX вв. Камера системы д-ра Бутана показана справа. Водолаз, сжимая грушу, вдвует порошок магнезия в пламя горелки, помещенной на бочке, наполненной воздухом. С помощью таких примитивных искусственных источников света д-р Бутан получил несколько замечательных снимков водолазов и подводной флоры и фауны.
(Снимок из собрания Джеймса Дьюгана)

Для выработки рекомендаций по определению экспозиции под водой изложенных в гл. IV и V, были произведены расчеты, охватывающие потери интен-

сивности света и воде на разных длинах воли и применение светофильтров для исправления спектрального распределения получаемой энергии, обусловливаемого этими потерями. Для тех, кто серьезно интересуется данным вопросом, приводим ниже соображения, положенные в основу проделанных расчетов.

Слой воды, вследствие своих поглощающих свойств, действует как светофильтр. Пропущенный таким слоем свет будет иметь уже иное спектральное распределение энергии, и поэтому важно произвести расчеты и построить кривые пропускания на всех длинах волн для слоев воды различной толщины (длина пути света в воде), по аналогии с кривыми пропускания светофильтров. Практически это гораздо удобнее, чем иметь дело с абсолютными интенсивностями света.

Обычно фотограф хочет знать спектральный характер источника света, при котором он работает, будь то свет, идущий с поверхности, или искусственное освещение. И если он имеет возможность подобрать соответствующий светофильтр для данной длины пути света в воде таким образом, чтобы величина пропускания на всех длинах волн была одинакова, он сможет произвести правильный выбор пленки и освещения, не беспокоясь о происходящем в воде нарушении цветового баланса.

Для получения хорошего цветового баланса необходимо, чтобы ослабление света, даваемое комбинацией пути света в воде и светофильтра, было одинаковым на всех длинах волн. Зная коэффициент b для всех длин волн и применив уравнение (3), можно вычислить отношение I/I_0 , показывающее величину пропускания. Затем можно произвести численное наложение данных выбранного светофильтра на всех длинах волн путем простого перемножения величин пропускания слоя воды и светофильтра для каждой длины волны. Результирующая кривая показывает баланс цветных лучей, пропускаемых комбинацией слоя воды и светофильтра.

В то время как вычислить интенсивность света на любой дайной глубине, зная только коэффициент поглощения, нетрудно, чрезвычайно сложную задачу представляет определение углового распределения ин-

тенсивности света на той или иной глубине. Несмотря на многочисленные экспериментальные данные, свидетельствующие о том, что каждая взвешенная в воде частица рассеивает свет преимущественно вперед [1, 12], другими словами, что лучи света при этом лишь слегка отклоняются от первоначального направления, явления многократного рассеивания и поглощения наряду с отражением от дна на мелководье не дают возможности аналитически решить эту проблему в настоящее время. Когда поверхность воды освещается в той или иной комбинации солнцем, светом от неба и светом, отраженным от облаков, и имеет место волнение на поверхности моря, вызванное ветром, или действием прилива или отлива, то освещение под водой в большой степени зависит от условий, складывающихся в каждый данный момент. Волнение, кроме того, вызывает проникновение света на несколько большую глубину. При волнении на море вследствие рассеяния и проникновения рассеянного света на глубину, большую, чем среднее расстояние полного рассеяния ($1/S$ в метрах), наблюдаются заметная потеря контраста, пастельные цвета и неясность контуров подводных объектов.

В настоящей океанской воде, вдали от берега, рассеяние света незначительно и зависит от длины волны снеговых лучей. Это так называемое рассеяние Рэлея, являющееся причиной темно-голубой окраски океанской воды. Прозрачность такой воды очень высока и может быть еще до некоторой степени увеличена с помощью светофильтра, исключающего действие сильно рассеянного синего света и применяемого при визуальном наблюдении или при черно-белой съемке.

Даже в самой чистой прибрежной воде рассеяние света обусловлено присутствием взвешенных частиц всевозможных размеров. Большей частью это рассеяние не зависит от длины волны и не вызывает окраски воды. Наблюдаемая же иногда окраска объясняется наличием окрашенного планктона или других частиц [1, 8].

Как поглощение, так и рассеяние могут вызывать в водных массах цветовые эффекты. Поэтому в очень

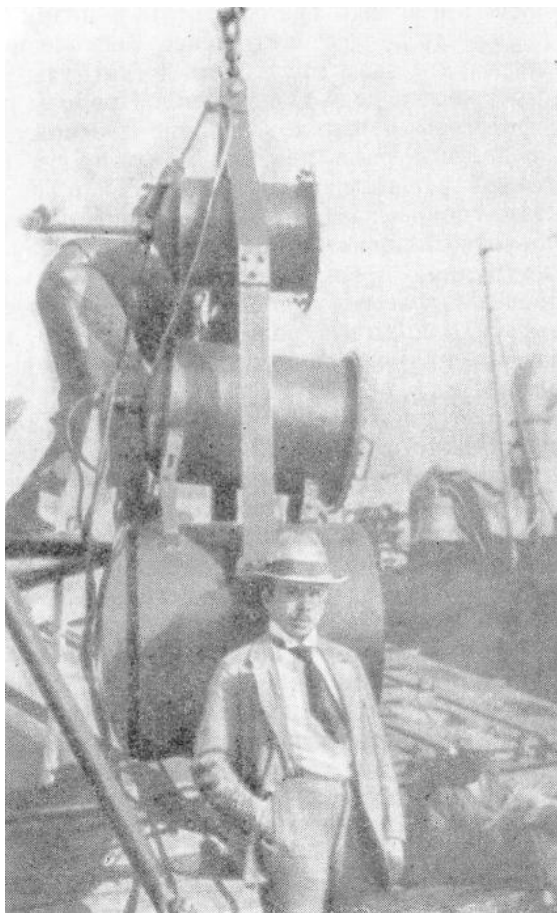


Рис. 7. Г. Хартман из Монако и его автоматическая установка для подводного фотографирования на борту военного корабля США «Весталка» в заливе Наррагансетт, 1916 г. Кроме съмочного аппарата в раме установки укреплены мощный источник света и электромотор с пропеллером для придания установке определенного положения под водой. Фотография, снятые при помощи этой установки, считаются первыми в мире подводными фотографиями, сделанными военно-морским флотом. (Снимок имеется в Морском музее в Ньюпорт-Ньюс, штат Виргиния, и в собрании Джеймса Дьюгона)

мутной воде применять светофильтры в целях улучшения видимости более или менее бесполезно, хотя некоторые результаты и могут быть достигнуты [I, 28]. В более прозрачной воде для успешной работы по подводному фотографированию, особенно цветному, пользование светофильтрами необходимо; вопросы выбора светофильтром рассматриваются в гл. IV и V.

Практика показывает, что при съемке на расстоянии до объекта, большем, чем $1/S$, хорошие результаты получить трудно, а на расстояниях, превышающих $3/S$, подводные объекты вообще становятся не видны. Темные объекты крупных размеров (например, корпус затонувшего судна) могут быть различимы и на больших расстояниях.

Именно рассеяние света практически ограничивает дальность видимости и съемки под водой. Если поглощение света не особенно велико, на глубинах, доступных для человека в легкоодолазном снаряжении, обычно бывает достаточно света для съемки. Максимальное расстояние, на котором объект еще ясно различим глазом, зависит от количества света, рассеиваемого присутствующими в воде частицами. Та часть рассеянного света, которая достигает глаза наблюдателя со стороны объекта, проявляется в виде дымки и снижает видимый контраст объекта. На больших расстояниях объект все больше и больше растворяется в дымке и в конце концов совершенно теряется из виду.

Глава II

АППАРАТУРА И МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПОДВОДНОЙ СЪЕМКИ

В гл. I были изложены основные сведения по оптике и фотометрии поглощающей, преломляющей и рассеивающей среды, с упором на той роли, которую играют явления поглощения, преломления и рассеяния в изменении света, проходящего через воду естественных водоемов. В этой главе рассматриваются общие проблемы, связанные с выбором камер, объективов, искусственных источников света и пленок для фотографирования под водой. Специальные механические и электронные проблемы, возникающие в связи с необходимостью обеспечения водонепроницаемости управления аппаратурой под водой, будут рассмотрены в гл. III.

Существует много превосходных книг, посвященных вопросам техники и искусства съемки в воздушной среде, к которым мы и отсылаем читателя, желающего познакомиться с основами фотографической практики. Одна из лучших книг — «Фотография, ее материалы и процессы» К. Б. Неблита, охватывающая всю область фотографии и представляющая собой основное руководство для тех, кто интересуется специальными применениями фотографии, как-то: аэросъемка, стереоскопическая, высокоскоростная или, как в нашем случае, подводная фотография.

КАМЕРЫ И ОБЪЕКТИВЫ

Основная часть всякого съемочного аппарата — его оптическая система, объектив. Среди характеристик объектива очень важным при подводной съемке параметром является фокусное расстояние. Для данного размера кадра этот параметр определяет поле зрения аппарата и то, каким будет объектив — широкоугольным, нормальным или длиннофокусным. Какой именно объектив считается широкоугольным для той или иной камеры, зависит также от конструкции и назначения камеры. Например, «нормальный» киносъемочный объектив имеет меньший угол поля зрения, чем «нормальный» фотообъектив.

Наиболее подходящим для подводной съемки почти во всех случаях будет объектив широкоугольного типа, которым и следует пользоваться, если камера позволяет производить смену объективов (как почти все кинокамеры). Такой объектив имеет два основных преимущества перед объективами с меньшим угловым полем и перед длиннофокусными объективами. Во-первых, для данного размера кадра объект съемки находится ближе к аппарату, что позволяет в какой-то мере избегать обусловливаемого рассеянием света ухудшения четкости изображения. Это важно для съемки в мутной воде, где всегда лучше приблизиться вплотную к снимаемому объекту. Во-вторых, широкоугольный объектив имеет большую глубину резкости, чем нормальные объективы. Это очень существенно для съемки при слабом освещении, часто имеющем место под водой, когда приходится устанавливать большое относительное отверстие, при котором глубина резкости наименьшая. При работе с 16-мм киносъемочными камерами и во многих случаях с 35-мм фотокамерами применение широкоугольного объектива даст возможность снимать 95% всех кадров без изменения установки на фокус, что весьма упрощает процесс съемки. Глубину резкости любого объектива для всех значений диафрагмы можно узнать, например, у изготовителя и производить установку на фокус перед погружением. Для автоматического глубоководного

фотографирования большая глубина резкости абсолютно необходима, так как заранее определить расстояние до снимаемого объекта часто бывает невозможно, особенно при съемке в толще океана.

Широкоугольный объектив, фокусное расстояние которого короче $\frac{2}{3}$ фокусного расстояния нормального объектива, может давать значительные искажения на краях поля изображения. В так называемом «предельно широкоугольном» объективе, фокусное расстояние которого составляет около $\frac{1}{2}$ фокусного расстояния нормального объектива, искажения выражены в еще большей степени, и, кроме того, его применение может привести к некоторому затемнению краев готового кадра. Это объясняется тем, что пропускание света сквозь окно бокса, закрытое плоскопараллельным стеклом, с возрастанием угла наклона лучей уменьшается.

Это не является очень серьезным недостатком и даже может в некоторых случаях давать приятный эффект, однако необходимо помнить об этом, когда нужно получить точное изображение снимаемого объекта. Несколько пробных снимков, сделанных в бассейне для плавания, позволяют быстро обнаружить краевые искажения благодаря тому, что перпендикулярные линии, образуемые плитками облицовки и четкими полосами плавательных дорожек, служат довольно точной тест-таблицей. Кстати, этот метод испытаний является одним из лучших методов определения глубины резкости.

Факторы, определяющие выбор наиболее удобного формата камеры и пленки для подводного фотографирования, в основном те же, что и в наземной фотографии. Кроме стоимости, наличия в продаже и тому подобных соображений необходимо принимать во внимание простоту обращения с органами управления и перевода пленки. Эта сторона конструкции аппарата рассматривается в гл. III.

Чем крупнее формат кадра, тем больше будет и вся камера и тем более громоздким будет водонепроницаемый бокс. Для профессиональной работы преимущества более крупных форматов пленки значительно перевешивают неудобство громоздкой аппаратуры, обес-

печивая получение более крупных и более мелкозернистых отпечатков.

Много превосходных фотографий было снято аппаратом «Роллейфлекс» (формат 6 x 6 см), несмотря на то, что светосила его объектива с относительным

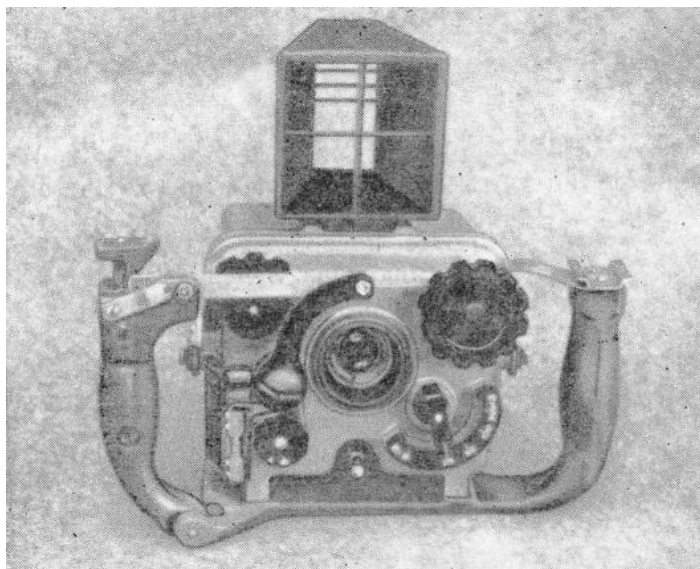


Рис. 8. Подводная фотокамера фирмы «Фенджон». Эта камера формата 6 x 6 см снабжена устройством для продвижения специальной роликовой пленки на катушке емкостью до 40 кадров. Объектив с относительным отверстием 1 : 3,5 свободен от хроматической аберрации. Вес органы управления выведены наружу водонепроницаемого бокса

отверстием 1 : 3,5 несколько недостаточна для съемки при естественном освещении, в особенности цветной. Объектив с относительным отверстием 1 : 2,8, которым стали снабжать последние выпуски этой камеры, делает ее более универсальной и пригодной для съемки при слабом освещении и на большой глубине.

Для более серьезной работы под водой применяют преимущественно фотокамеру «Лейка». Водонепрони-

цаемые кожухи для нее изготавливают и Германии, Италии, Франции и США. Основное преимущество этой камеры заключается в возможности легко и быстро устанавливать на ней самые различные объективы:

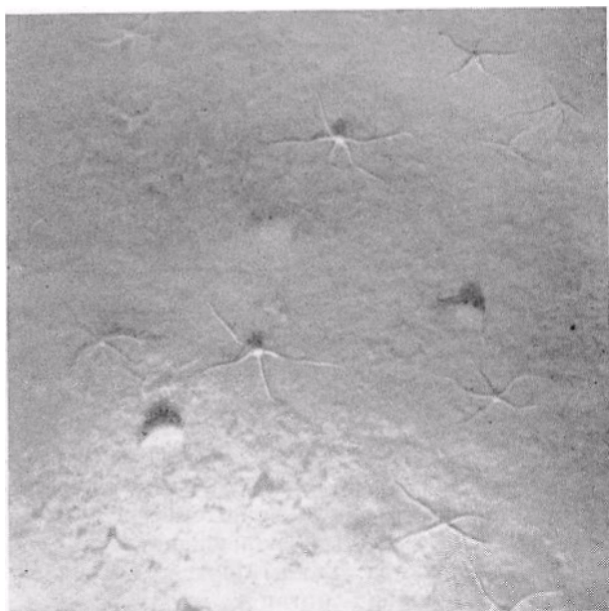


Рис. 9. Фотография дна океана во впадине Сан-Диего на глубине 1100 м. Снята при помощи автоматической установки с фотокамерой «Робот» персоналом Электронной лаборатории военно-морского флота США, Сан-Диего. В большом количестве видны широко распространенные морские звезды офиуры. («Официал Фотограф», военно-морской флот США)

широкоугольные, нормальные и прочие — плюс сверхсветосильные объективы для съемки в условиях очень слабого освещения.

Эта камера имеет удобный для работы под водой механизм перевода пленки, при котором автоматически происходит взвод затвора для съемки следующего кадра и исключается дальнейшее продвижение пленки

до того как будет произведена съемка. Как и другие 35-мм камеры, «Лейка» заряжается пленой на 36 кадров. Это немаловажный фактор при работе под водой, так как позволяет снимать больше кадров на одну пленку, чем при любом другом из обычно применяемых форматов. Благодаря этому реже приходится поднимать аппарат на поверхность для перезарядки, бывает меньше перерывов в работе, уменьшается возможность попадания воды внутрь бокса.

Цветная подводная съемка производится почти исключительно на 35-мм, пленке, с которой изготавливают диапозитивы размером 5 x 5 см для рассматривания при помощи небольших диаскопов или других приборов. Хорошая четкость изображения, даваемая 35-мм цветной пленкой, и сравнительно низкая стоимость этой пленки позволяют применять ее почти во всех случаях при условии, что объектив может обеспечить необходимую выдержку при съемке с корректирующими светофильтрами.

Второй 35-мм фотокамерой, применяемой для подводного фотографирования, является «Робот» — камера со специфическими характеристиками. Она снабжена пружинным механизмом, который в течение доли секунды взводит затвор и перемещает пленку после съемки каждого кадра. Таким образом, отпадает необходимость во внешних органах управления взводом затвора и переводом пленки и можно производить съемку движущихся объектов в быстрой последовательности. К сожалению, формат этой камеры несколько меньше стандартного кадра на 35-мм пленке. Водонепроницаемые боксы для камеры «Робот» изготавливаются несколькими фирмами.

Сейчас стали применять для подводных съемок еще одну интересную фотокамеру — «Стерео-Реалист». Эта камера снимает одновременно два кадра, которые сливаются в одно объемное изображение при рассматривании их описываемым в этой книге способом (с помощью зеркала) или в стереоскоп. Можно также проецировать стереоскопические изображения и рассматривать их при помощи поляризационных очков. Как и «Роллейфлекс», камера «Реалист» имеет недостаточно свстосиль-

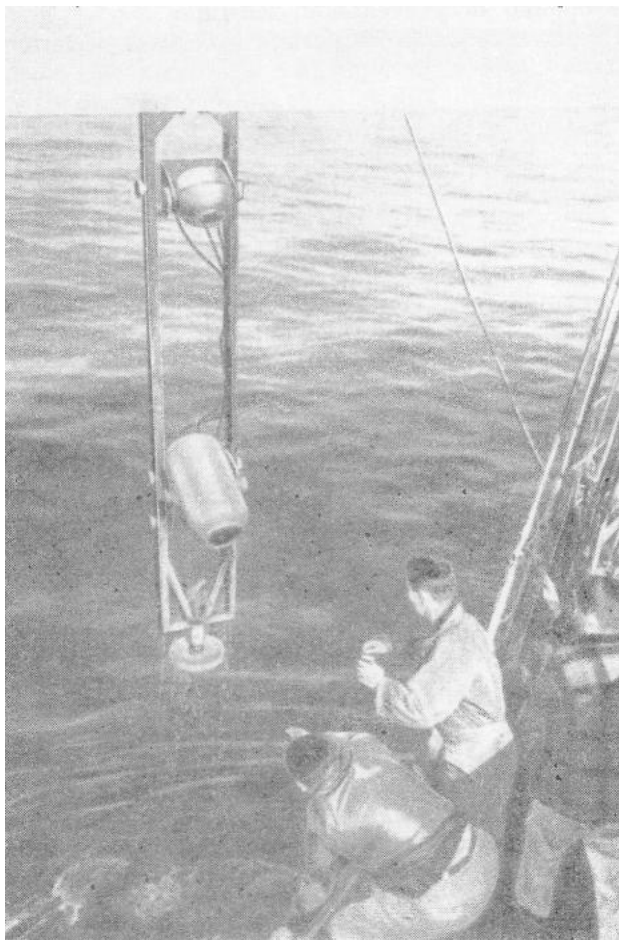


Рис. 10. Подъем на палубу автоматической установки для глубоководного фотографирования, изготовленной Электронной лабораторией военно-морского флота США, Сан-Диего. В верхнем кожухе помещена фотокамера «Робот», и нижнем — электронный импульсный прибор. («Оффишел Фотограф», военно-морской флот США)

ный объектив (с относительным отверстием 1 : 3,5), так что при цветной съемке может потребоваться использование осветительной вспышки.

Невозможно рассмотреть все типы аппаратов, для которых изготавливаются водонепроницаемые боксы или которые могут быть легко приспособлены для подводной съемки. При определенных условиях под водой будет работать почти любой аппарат. Подводя итог, укажем наиболее важные характеристики аппарата для подводного фотографирования: короткофокусный, светосильный объектив, большая емкость негативного материала, простота управления (особенно управления переводом кадров фото пленки). Тот или иной аппарат может не иметь всех или какой-либо одной из указанных характеристик, в таком случае нужно либо видоизменить его, либо идти на компромисс (т. е. пользоваться искусственным источником света),

ПРИМЕНЕНИЕ ЛАМП-ВСПЫШЕК ПОД ВОДОЙ

Во многих случаях, вследствие того что естественного освещения для съемки недостаточно, возникает необходимость в искусственном источнике света. Для фотосъемки наиболее удобным источником освещения является лампа-вспышка одноразового действия или импульсная лампа, так как они дают значительно большую интенсивность света, чем лампы накаливания, питаемые независимым источником электроэнергии.

Лампы-вспышки одноразового действия очень удобны при съемке одиночных кадров. Лампы-вспышки можно заменять под водой, пользуясь специальным патроном; для большого числа снимков ныряльщик может брать с собой нужное количество ламп. (Обратите внимание на опасность, связанную с заменой лампы-вспышки под водой; об этом говорится в гл. III.) Лампы-вспышки недороги, невелики по размерам, выдерживают значительное давление воды и могут давать световой поток с максимальной интенсивностью от пятисот тысяч до нескольких миллионов люменов (люмен — единица интенсивности света, измеряющая визуальный



Рис. 11. Превосходный снимок подводного охотника, сделанный Джерри Гринбергом. Подробности по определению выдержки при фотографировании этого и других снимков Дж. Гринберга читатель найдет в его статье, помещенной в гл. VI.

(Снимок из собрания Джерри Гринберга)

эффект, даваемый проходящим норм единицу поперечного сечения световым пучком) [VI, 1].

Лампы-вспышки делятся на четыре основных класса: F (от слова fast. -- быстродействующие), M (medium — средние), S (slow — медленные) и FP (focal plane — фокальной плоскости). Наиболее распространенным типом ламп-вспышек класса F является тип SM, или «Спид Миджет» («быстродействующая миниатюрная»). Излучение лампы начинается примерно через 4 мсек после замыкания электрического контакта, достигает максимальной интенсивности 900 000 лм через 6 мсек и, по существу, прекращается через 12 мсек. Полная длительность вспышки соответствует эффективной продолжительности открытия затвора при скорости $\frac{1}{200}$ сек. Световая отдача (общая интегрированная интенсивность вспышки) составляет 4700 лм•сек.

В класс M входят широко применяемые лампы № 5 (миниатюрная), № 11, № 22 и др. Излучение света начинается через 10—15 мсек после замыкания контакта и достигает максимума через 20 мсек. Светоотдача этих трех ламп составляет, соответственно, 16 000, 29 000 и 63000 лм•сек. Разновидности ламп-вспышек № 5 и № 22 с покрытой голубым лаком колбой (тип «Джен»), предназначенные для использования с цветной пленкой дневного света при съемке в воздушной среде (но не под водой, см. гл. V), дают меньшую общую интенсивность света, порядка 7 000 и 27 000 лм•сек.

Лампы-вспышки класса S обладают большей светоотдачей, например лампа № 50 дает 95 000 лм•сек. Лампы класса FP имеют относительно большой горизонтальный участок кривой, соответствующий максимальной интенсивности светового потока, и предназначены для фотокамер со шторным затвором в фокальной плоскости. При оценке характеристик лампы-вспышки важное значение имеет кроме ее светоотдачи еще и спектральное распределение излучаемой энергии (особенно при съемке на цветной пленке). Для ламп-вспышек спектральное распределение энергии излучения указывается цветовой температурой (в градусах Кельвина), а точная форма кривой и видимой части

спектра может быть определена по формуле Планка, которую можно найти во всех книгах по оптике. Лампы типа SM имеют цветовую температуру 3300°K, а большинство других ламп с неокрашенной колбой — 3800°K.



Рис. 12. Фотография затонувшего судна, полученная при помощи автоматической установки на глубине 42 м. Расстояние съемочного аппарата от дна 3,65 м; расстояние источника света от дна 2,13 м; лампа-вспышка № 22; пленка «Плюс X»; диафрагма 5,6; $1/50$ сек. (Снимок из собрания д-ра Мориса Юинга, Ламонская геологическая обсерватория)

Голубое лаковое покрытие колбы может повысить цветовую температуру до 6000°K, а большинство импульсных ламп обладает цветовой температурой около 7000 °K. Последние могут быть сравнены по своей цветовой температуре с солнечным светом у поверхно-

сти земли, который соответствует цветовой температуре примерно 5400°K , и со светом безоблачного голубого неба, соответствующим цветовой температуре от 20 000 до $25\ 000^{\circ}\text{K}$ в видимой части спектра. При сравнении источника света со средним солнечным светом запомните следующее общее правило: когда цветовая температура источника света выше цветовой температуры солнечного света, свет источника будет казаться **г о л у б о в а т ы м**, когда же цветовая температура источника ниже цветовой температуры солнечного света, свет его будет казаться **красноватым**.

Вопросы, связанные с подбором спектральных характеристик лампы-вспышки по величине поглощения света на определенном расстоянии под водой и по спектральной чувствительности пленки, будут рассмотрены в гл. V. Как правило, источники света с высокой цветовой температурой требуют большей коррекции светофильтрами при съемке на цветной пленке, чем источники света с низкой цветовой температурой. На картонной упаковке ламп-вспышек обычно приводится таблица ведущих чисел для данного типа ламп. Ведущее число представляет собой произведение числа деления шкалы диафрагмы на расстояние от ламп и до объекта съемки (считая, что лампа расположена у съемочного аппарата). Ведущими числами для съемки на поверхности можно пользоваться для предварительного расчета экспозиции, но в них необходимо вносить поправки на потерю интенсивности света под водой. Таким образом, для данного типа лампы ведущие числа для съемки под водой будут меньше ведущих чисел для съемки на поверхности. Методы определения ведущих чисел рассматриваются в гл. V.

ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ ИМПУЛЬСНЫХ ЛАМП ПОД ВОДОЙ

Все более широкое использование, особенно фотографами-профессионалами, электронных импульсных ламп (называемых также «электронными фотовспышками» или «электронными лампами-вспышками») ука-

зывает на то, что этот вид источника света обладает некоторыми исключительно важными для подводного освещения качествами. Хорошо сконструированный прибор, синхронизированный со съемочным аппаратом, не имеет никаких органов управления, кроме переключателя. Перед съемкой следующего кадра фотографу нужно лишь перевести пленку в аппарате и выдержать интервал между вспышками от 3 до 10 сек., необходимый на зарядку конденсаторов электронного импульсного прибора. Это может иметь огромное значение, особенно при необходимости произвести ряд снимков в быстрой последовательности или в сложных условиях, когда фотографу нельзя отвлекаться на замену лампы-вспышки. Электронной импульсной лампой с большим запасом энергии батареи можно пользоваться буквально месяцами, производя тысячи снимков, прежде чем потребуется какой-нибудь ремонт или замена батареи. Преимущества такого источника света для работы в экспедиционных условиях очевидны. Меньшие по размерам, более компактные приборы с импульсной лампой могут потребовать частой замены батарей (или зарядки аккумуляторов) — почти каждый день. Но даже и эти приборы редко бывает необходимо открывать во время подводных работ и тем самым подвергать опасности проникновения воды к элементам электрической схемы.

Чрезвычайно короткая продолжительность вспышки импульсной лампы совершенно необходима для съемки крупным планом, когда либо снимаемый объект, либо фотограф находится в движении (что довольно часто имеет место при подводном фотографировании). Стандартная длительность вспышки — $\frac{1}{1000}$ сек., вполне достижима длительность вспышки в $\frac{1}{5000}$ — $\frac{1}{10000}$ сек., а специально сконструированные приборы могут давать вспышки длительностью до $\frac{1}{20000}$ сек.

Величина полной светоотдачи импульсной лампы зависит от количества энергии, подаваемой на лампу батареей конденсаторов, которое в свою очередь зависит от напряжения источника питания и от емкости конденсаторов. Важное значение имеет также коэффи-

циент превращения этой энергии в световую в самой лампе.

Типичный электронный импульсный прибор может иметь номинальную энергию вспышки от 60 до 200 вт-с



Р и с. 13. Кендалл с подводным электронным импульсным прибором Эджертона, фотокамерой «Лейка» и деревянном водонепроницаемом боксе п с легководолазным кислородным аппаратом «Деско», модель В, Под водой ныряльщик держит прибор в комплекте с фотоаппаратом примерно в таком же положении. (Снимок из собрания полковника Юджина Кларка)

При наибольшей величине энергии вспышки полная светоотдача может достигать 7000 лм.сек, т. е. быть равноценной световой отдаче лампы-вспышки № 5 с покрытой голубым лаком колбой. Однако лампа-вспышка излучает свет в течение примерно $\frac{1}{50}$ сек., а импульсная лампа — обычно меньше $\frac{1}{500}$ сек.

Существует два основных типа электронных импульсных приборов. Высоковольтные при-

боры снабжены маслонаполненными конденсаторами, которые наряжаются до 1500—2000 в. Достижение такого потенциала обычно обеспечивается вибропреобразователем, питаемым либо от компактного свинцового или кадмиевого аккумулятора, либо от аккумулятора с серебряным и цинковым электродами, либо от 6-вольтовых сухих элементов. В таком приборе срок службы источника питания очень мал, что требует частой замены сухих батарей или зарядки аккумулятора. Зато этот тип прибора дает самую короткую длительность вспышки, и поэтому его применение предпочтительно при фотографировании быстро движущихся рыб, так как аппарат запечатлевает то, что «высвачено» вспышкой.

Низковольтные электронные импульсные приборы снабжены более компактными электролитическими конденсаторами, которые требуют для нормальной работы прибора зарядки до потенциала, обычно не превышающего 500 в. Хотя такое напряжение можно получить с помощью вибропреобразователя, обыкновенно применяют одну или несколько высоковольтных батареи, дающих нужное напряжение. Наиболее компактные электронные импульсные лампы имеют одну высоковольтную батарею с ограниченным запасом энергии. Используя батареи с большим запасом энергии, можно сконструировать прибор, который будет давать без замены батарей много тысяч вспышек.

Эти два конструктивных типа электронных импульсных приборов представляют собой крайние случаи; кроме того, создано много электронных импульсных ламп, которые занимают промежуточное положение между ними.

Как общее правило, чем ниже напряжение в приборе, тем больше длительность вспышки, хотя она зависит еще и от характеристик импульсной лампы и конденсатора. Приборы с более высоким напряжением дают несколько более голубой свет (более высокая цветовая температура), что при съемке под водой делает почти обязательным употребление по меньшей мере светофильтра СС-10-R для исправления цветопередачи.

Применение электронной импульсной лампы под водой наиболее целесообразно, когда может быть реализована короткая продолжительность ее вспышки, т. е. при съемке движущихся объектов. По сравнению с лампами-вспышками электронная лампа громоздка, имеет небольшую светоотдачу и не может конкурировать с ними по освещению больших участков. Кроме того, даже полностью изготовленная самим фотографом электронная импульсная лампа обходится гораздо дороже, чем осветитель и несколько десятков ламп-вспышек к нему. Тем не менее это наиболее ценный источник освещения для съемки детализированных крупных планов, к тому же очень простой в обращении под водой. Одни из разделов гл. III посвящен конструированию электронных импульсных ламп и водонепроницаемых корпусов к ним.

ПРОЧИЕ ИСКУССТВЕННЫЕ ИСТОЧНИКИ СВЕТА

Одним из наиболее интересных новых изобретений в области подводной съемки является сконструированный французским инженером М. Д. Ребиковым портативный непрерывный (не импульсный) источник света, применяемый для цветной киносъемки на большой глубине. Питаемая аккумуляторными батареями нового типа с серебряными и цинковыми электродами, «торпеда-солнце» («Soleil Torpille») Ребикова, согласно сообщениям, излучает в течение 10 мин. непрерывный световой поток в 22 000 лм. Изготавливаются и другие типы «торпед»: с лампой-вспышкой, с импульсной лампой или с непрерывным излучением, снабженные, кроме того, небольшим электродвигателем с гребным винтом для передвижения ныряльщика со скоростью 2,8 км/час. Все это кажется весьма привлекательным, но, к сожалению, запасные части для «торпед» достать очень трудно, и ремонт их почти невозможен.

Более дешевый способ получения непрерывного источника света испробован Кусто и его товарищами - это пиротехнический факел, не требующий для горения подачи кислорода извне. Пока что существующие факелы дают тусклый, дрожащий свет, едва ли пригод-

ный для серьезной работы. Но сам принцип правилен, и если приложить определенные усилия, то, вероятно, можно было бы разработать такой факел, который бы давал свет подходящего спектрального состава с минимальным дрожанием. Однако вряд ли финансовые выгоды окажутся здесь достаточно велики, чтобы заинтересовать этим химические фирмы.

Осветительные приборы, питаемые посредством кабеля от источника электроэнергии, расположенного на поверхности, применялись для целей освещения под водой военно-морским флотом США и для фотографирования фирмой «Фенджон». Это сложный и дорогостоящий способ освещения, требующий тяжелого оборудования и тренированных операторов и едва ли пригодный для рядового фотографа, часто меняющего место съемок.

ПЛЕНКА

Подводный фотограф имеет в своем распоряжении те же типы пленок, которыми он пользуется и на поверхности. Выбор пленки для подводного фотографирования определяется многими дополнительными факторами, и будет полезно в общих чертах рассмотреть некоторые из них. Вообще фотограф выбирает пленку по фотографическим свойствам: светочувствительности, зернистости и, в случае черно-белой пленки, спектральной чувствительности или цветочувствительности. Первые две характеристики тесно связаны друг с другом: более чувствительные пленки обладают крупной, наиболее неприятной зернистостью, менее чувствительные относятся к мелкозернистому типу.

По степени светочувствительности черно-белые пленки колеблются от особо мелкозернистой пленки «Панатомик X» (24 единицы ASA) до пленки наивысшей светочувствительности «Три-X» (200—1000 единиц ASA в зависимости от способа обработки). Обе эти пленки имеют панхроматическую эмульсию, обладающую одинаковой чувствительностью ко всем длинам волн, от синих лучей до красных. Среди ортохроматических пленок нет такого разнообразия типов по степени светочувствительности. Примером ортохроматической

пленки может служить пленка «Верихром», чувствительная главным образом к лучам сине-зеленой части спектра. Специальные эмульсии, как, например, «Истмен Кодак» панхроматическая «С», обладают особой чувствительностью к красным лучам, но такие пленки не всюду имеются в продаже и их пригодность для подводного фотографирования неизвестна. Обычно при черно-белой съемке под водой необходимо применять минус синий светофильтр (т. е. желтый, оранжевый или светло-красный) для поглощения части сильно рассеянных синих лучей. При съемке на ортохроматических пленках кратность светофильтра должна быть больше, чем при съемке на панхроматических пленках, что требует чрезмерного увеличения выдержки. Для подводного фотографирования, за исключением съемок на относительно малой глубине, обычно выбирают панхроматическую пленку.

Не всегда учитывают то обстоятельство, что более чувствительные эмульсии неизбежно обладают меньшей контрастностью и дают «мягкие» негативы. Менее чувствительные пленки дают негативы с относительно высоким контрастом и не требуют «форсирования» проявления в энергичном проявителе. Сильное рассеяние света и преобладание в подводном освещении синих лучей обуславливают необычно низкий контраст объектов под водой. Как указывает в гл. VI Джерри Гринберг, часто бывает необходимо «форсировать» проявление: при применении менее чувствительных эмульсий — для повышения светочувствительности, при применении более чувствительных эмульсий — для повышения контраста.

В связи с этим мы хотели бы отметить, что употребление как можно более чувствительных пленок вовсе не является безукоризненным решением проблемы, так как они почти непременно потребуют специальных процессов обработки для достижения приемлемого контраста с неизбежным увеличением зернистости. Практика показывает, что лучше всего применять эмульсию наименьшей чувствительности, какую только допускает относительное отверстие объектива и уровень освещения.

В течение многих лет пленки «Кодахром» и «Анско-Колор» были единственными материалами, применявшимися для цветных съемок. Недавно разработанные и выпущенные фирмами «Истмен Кодак» и «Анско» цветные пленки высокой светочувствительности («Эктахром» и «Апскохром») значительно расширяют возможности подводного фотографирования. Светочувствительность этих пленок (32 единицы ASA) почти в 3 раза выше светочувствительности пленок «Кодахром» и «Анско-Колор» (12 единиц ASA), и в отличие от последних они легко обрабатываются самим фотографом. Видоизменив процессы обработки, можно повысить светочувствительность до 125 единиц ASA, но при этом ухудшится качество цветного изображения.

Кроме более высокой светочувствительности эти пленки обладают еще рядом свойств, существенных для фотографирования под водой. Они имеют большую фотографическую широту, что еще в некоторой степени увеличивает их эффективную светочувствительность благодаря тому, что небольшая недодержка уже не является причиной сплошной прозрачности изображения. Большую помощь в анализе полученных снимков может оказать немедленная обработка пленки, так как это позволяет фотографу уже через несколько часов проверить результаты своей работы за день и установить, каких из многочисленных ловушек цветной съемки ему на этот раз не удалось избежать.

Опыт авторов этой книги, снимавших на пленке «Эктахром», показывает, что эта пленка при недодержке становится относительно более чувствительной к красным лучам. Благодаря этому может потребоваться меньшее исправление цветового баланса при цветной съемке на большой глубине при естественном освещении.

Зернистость пленок более высокой светочувствительности несколько больше по сравнению с пленкой «Кодахром», которая, по существу, не имеет зернистости и которая, кроме того, дает более насыщенные цвета, усиливающие пастельные тона подводных объектов.

Во время написания этой книги указанные пленки более высокой светочувствительности выпускались только в виде 35-мм кинопленки и 120-го формата для фотографии. Для киносъемок повышенная светочувствительность особенно желательна вследствие почти полной зависимости этого вида фотографирования от естественного освещения. Когда будут выпускаться 16-мм кинопленки с эмульсиями повышенной светочувствительности, возможности подводной киносъёмки значительно расширятся.

Глава III

ВОДОНЕПРОНИЦАЕМЫЕ БОКСЫ ДЛЯ КАМЕР И ОСВЕТИТЕЛЕЙ

Многие начинающие подводные фотографы обычно сами изготавливают водонепроницаемые оболочки для камер. Причина этому — высокая стоимость имеющегося в продаже оборудования. Поэтому мы подробно рассмотрим здесь конструктивные особенности такого водонепроницаемого бокса и те требования, которым он должен удовлетворять для обеспечения простоты и удобства работы с ним под водой.

ИЗГОТОВЛЕНИЕ БОКСОВ ДЛЯ МЕЛКОВОДНОЙ СЪЕМКИ

Для съемки под водой можно приспособить любой аппарат, заключив его в водонепроницаемый бокс, однако для простоты управления аппаратом желательно, чтобы он удовлетворял некоторым требованиям. Требования эти таковы: 1) автоматическая остановка пленки при переводе кадров; это позволит фотографу переводить пленку, не наблюдая за появлением покадрового номера через окно в задней стенке фотокамеры; 2) самовзводный затвор; благодаря этому отпадает необходимость в выведении наружу заводного рычага затвора и исключается возможность повторной съемки на экспонированный участок пленки; 3) много-

зарядность; аппарат, заряжаемый пленкой, на которой помещается большое число кадров, придется реже поднимать на поверхность для перезарядки; 4) большие по размерам и удобные органы управления; поскольку обычно каждый орган управления аппаратом необходимо снабжать фрикционным сцеплением или шестеренчатой передачей, наиболее удобны большие рукоятки, такие, например, какие стоят на зеркальных камерах.

Дальномер фотокамеры обычно под водой бесполезен из-за плохой видимости и невозможности приблизить глаз к задней стенке камеры настолько, чтобы можно было им пользоваться.

Идеальными камерами для кино съемки под водой являются камеры с электроприводом. Большинство имеющихся в продаже подводных кинокамер, как, например, камера фирмы «Фенджон», снабжено именно таким приводом.

Конфигурация кино съемочной или фотографической камеры в какой-то мере будет определять относительную простоту или сложность изготовления водонепроницаемого бокса. Например, камеру «Болекс», имеющую в общем прямоугольную форму, легче заключить в водонепроницаемый бокс, чем более асимметричную по форме камеру «Белл-Хауэлл», модель 70-D. Однако это обстоятельство не имеет такого уж большого значения.

Когда камера выбрана, можно приступить непосредственно к конструированию водонепроницаемого бокса.

Рассмотрим материалы, пригодные для изготовления бокса. Для глубин погружения до 15 м наилучшим из доступных материалов является хорошая, прямослойная древесина. Деревянный бокс особенно удобен при проведении небольших по масштабу подводных работ с лодки, когда возможны частые удары о бокс камеры. Древесина упруга, не разрушается от ударов и играет роль амортизатора, предохраняющего камеру от резких толчков. Она является идеальным конструктивным материалом, позволяющим быстро производить обработку с помощью недорогих инструментов, В дере

дюймовом (2,5 см) толщины легко монтируются окна, сальники для пропуска органов управления и крышки отверстий для доступа к аппарату.

Единственная часть бокса, которую нельзя делать из дерева, — это крышка отверстия, через которое в кожух вставляется камера. Очень важно, чтобы эта крышка была достаточно жесткой и плотно прилегала к прокладке на всех глубинах погружения. Лучше всего для этой цели годится листовая латунь толщиной 4,7—6,3 мм.

Уплотнение между краями крышки и деревом достигается следующим образом. Тщательно выравнивают и зачищают края деревянного бокса, к которым будет приклеена прокладка. Ко всей площади прилегания прикрепляют с помощью резинового клея мягкую резину толщиной 3,2 мм, вырезанную в виде сплошного кольца, которое соприкасается с крышкой по ее периметру. Затем приклеивают очень узкую прокладку из резины толщиной 0,8 мм к латунной крышке, так чтобы она приходилась против более толстой прокладки, прикрепленной к дереву, и вдавливалась в нее. Два болта прижимают крышку к резиновой прокладке деревянного бокса, как показано на рис. 14. Таким образом обеспечивается водонепроницаемость, так как по мере возрастания давления воды на крышку две резиновые прокладки будут все с большей силой прижиматься друг к другу. В случае необходимости вынуть камеру из бокса достаточно отвинтить две гайки. Вся операция занимает полминуты.

Корпус бокса следует делать как можно меньше по размерам, чтобы он не был громоздким и обладал меньшей плавучестью. Доски выпиливают механической пилой, края их выравнивают и пригоняют. Стенки бокса скрепляют при помощи водоупорного клея, наносимого во всех местах соединения, и латунных шурупов, утопленных заподлицо. Камера должна прочно крепиться в боксе и не сдвигаться с места, даже если ныряльщик окажется под водой в необычном положении. Это может быть достигнуто привинчиванием камеры к корпусу бокса или же, еще лучше, с помощью соответствующим образом расположенных внутри бок-

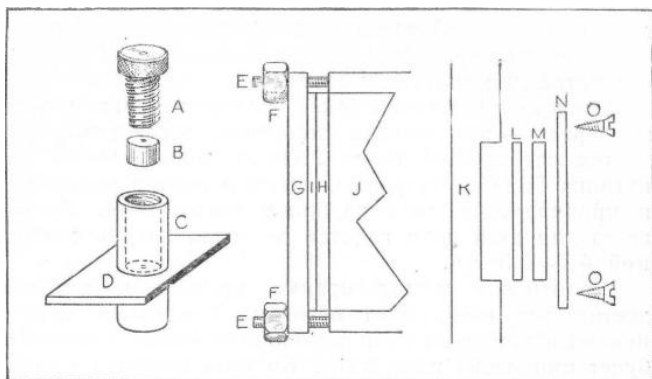


Рис. 14. Схема сальника, уплотнения задней крышки и уплотнения окна водонепроницаемого бокса:

A — латунный нажимной винт, *B* — набивка сальника, подогнанная точно до размерам винта *A*, *C* — латунная втулка сальника с гнездом для набивки *B* и резьбой для винта *A*, припаянная к пластинке *D*, которая привинчивается к деревянному боксу. В сальнике имеется сквозное отверстие для оси органа управления. При ввинчивании винта *A* во втулку *C* набивка *B* сжимается и плотно облегает ось.

E — болты прикреплены к стенкам бокса, *F* — гайки, навинчиваемые на болты *E* и притягивающие латунную крышку *G* к боксу камеры *J*. Резиновая прокладка *I* прикреплена к крышке *G*, а прокладка *H* к боксу *J*. Прокладка *I* должна быть уже прокладки *H*, так чтобы она вдавливалась в последнюю.

K — передняя стенка деревянного бокса, *L* — резиновая прокладка и *M* — стекло окна для объектива камеры. Латунную пластину *N* привинчивают шурупами *O* к стенке *K*, предварительно обильно смазав прокладку *L* с обеих сторон резиновым клеем. Прокладка *L* и стекло *M* должны несколько ко выступать над краями выреза в стенке *K* с таким расчетом, чтобы пластина *N* сжала прокладку *L*.

са брусков, которые закрепляют камеру, заклинивая ее при привинчивании задней крышки бокса.

Для изготовления окон против объектива и против счетчика кадров вполне пригодно обычное автомобильное небьющееся стекло, имеющее один лишь недостаток: под действием большого давления клей, скрепляющий оба слоя такого стекла, может размягчиться и в промежуток между слоями стекла проникнет воздух, что непоправимо испортит оптические свойства стеклянного окна. Зато небьющееся стекло обладает тем преимуществом, что даже если оно треснет под водой, водонепроницаемость его не нарушится благодаря пленке клея между слоями стекла. Если для дан-

них условий это стекло не подходит, можно взять толстое плоскопараллельное стекло, но его необходимо оберегать от ударов о подводные скалы. Объектив должен находиться как можно ближе к окну, чтобы ныряльщик мог видеть все скалы. Стекло для окна против объектива вырезают по нужному размеру и устанавливают в предназначенную для него выемку в передней стенке бокса. Между стеклом и деревом в выемку кладут прокладку, обильно смазав ее рези-

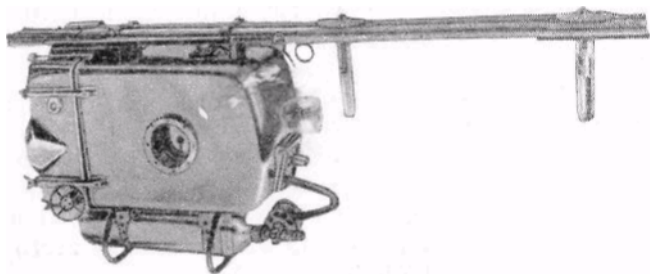


Рис. 15. Превосходная 35-мм кинокамера, которой пользуется Кусто. Камера показана сзади; видны поплавковые ручки и органы управления. Обратите внимание на подвешенный под камерой небольшой баллончик с регулятором с правой стороны («микроаqualанг»). Он регулирует давление воздуха в боксе, уравновешивая внешнее давление при погружении на любую глубину. (Снимок из собрания Джеймса Дьюгона и капитана Ж.-И. Кусто)

новым клеем с обеих сторон. Стекло закрепляют металлической пластиной с вырезом, притягивая ее шурупами. Конструируя водонепроницаемый бокс для камеры со сменными объективами, необходимо учесть размеры объектива с наибольшим фокусным расстоянием. Для съемки более короткофокусным объективом надо обеспечить возможность перемещения камеры в боксе в сторону передней стенки, чтобы предотвратить ограничение кадра краями окна.

Когда изготовлен корпус бокса, необходимо решить, какие органы управления камеры будут выведены наружу. Очевидно, чем больше внешних органов управления, тем шире возможности подводного аппарата, но вместе с тем больше вероятность протечек

и неполадок и сложнее изготовление бокса. Перечислим органы управления в порядке их важности:

1. Взвод и спуск затвора.
2. Перевод пленки или (и кинокамерах с пружинным приводом) завод пружины привода.
3. Фокусировка.
4. Установка диафрагмы.
5. Установка выдержки.

Органы управления, указанные в первом и втором пунктах, необходимы в большинстве случаев. Фокусировка играет большую роль при съемке разных объектов (например, ныряльщиков, небольших рыб, разноплановых сцен). Возможность управления диафрагмой важна, если по той или иной причине изменяется интенсивность освещения. Регулирование выдержки приобретает большое значение при съемке кадров подводной охоты и в других случаях съемки движущихся объектов, но этот орган управления чаще всего не выводят наружу бокса.

При наличии на боксе первых четырех органов управления подводная камера будет достаточно удобной для обычного использования.

Видоискатель необходим как на фотографической, так и на киносъемочной камере. Только специалист, очень хорошо знающий свой аппарат, может определять границы снимаемого пространства, не пользуясь видоискателем. В качестве видоискателя достаточно иметь простую проволочную рамку в передней части и визирный стержень в задней части бокса. При съемке объективами с различным фокусным расстоянием можно менять визируемое поле, изменяя расстояние между рамкой и стержнем.

Большие ручки, установленные на боксе камеры, позволяют придавать ей устойчивость в подводных течениях и при волнении моря. Для лучшего качества киносъемок следует применять утяжеленный штатив.

Опытный фотограф или оператор, возможно, захочет менять под водой объективы, видоискатели, светофильтры или лампы-вспышки. Такие дополнительные требования вполне осуществимы, если заключить в водонепроницаемый бокс камеру с револьверной голов-

кой. Лампы-вспышки можно менять под водой, не обеспечивая водонепроницаемости, если пользоваться батарейно-конденсаторной схемой поджига лампы и соответствующим образом сконструированным патроном для лампы-вспышки. Этот вопрос будет рассмотрен ниже.

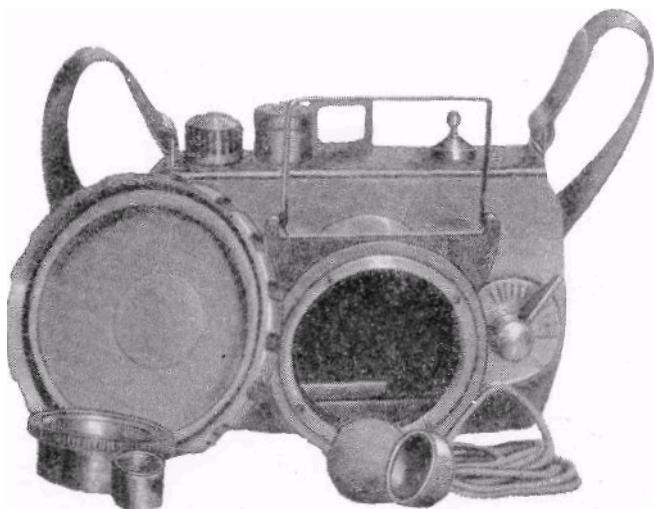


Рис. 16. Итальянский водонепроницаемый бокс «Барракуда» для «Лейки». Обратите внимание на рычаг управления паводков на фокус спереди и предохранительную крышку окна для объектива камеры. (Снимок из собрания фирмы «Фенджон»)

Способы выведения всех этих органов управления наружу водонепроницаемого бокса бесконечно разнообразны и зависят от изобретательности конструктора. Каждый тип камеры ставит свои требования. Наиболее трудная задача при конструировании водонепроницаемого бокса — пропуск органов управления через стенки бокса и сцепление их с камерой; для этого необходимо прежде всего вычертить такие сцепления в масштабе 1:1. Приводим несколько обших соображений.

Для камеры, органы управления которой представляют собой вращающиеся кольца на оправе объектива, легко изготовить резиновые фрикционные кольца.

Для органов управления рычажного типа можно взять гибкий тросик и соединить им рычаг со штоком, выведенным наружу бокса. К рифленным головкам переводя пленки и рукояткам зеркальных камер можно плотно подогнать колпачки и вращать их посредством осей.

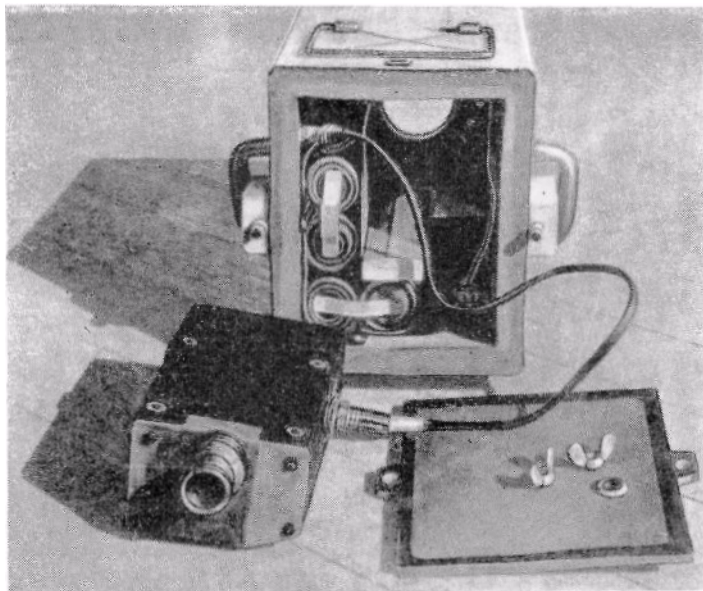


Рис. 17. Деревянный водонепроницаемый бокс для 16-мм кинопулемета с электроприводом. Вид сзади. В боксе вокруг камеры размещены 18 стандартных 1,5-вольтовых элементов от осветителя лампы-вспышки, которых достаточно, чтобы заснять 300 м и пленки. Рядом с кинокамерой лежит задняя крышка бокса из листовой латуни

Все выведенные из бокса наружу оси и тросики должны быть пропущены через водонепроницаемые сальники того или иного типа. Один такой сальник показан на рис. 14. В качестве набивки между металлическими втулками сальника лучше всего использовать пропитанное графитовой смазкой уплотнение парового клапана.

Готовый корпус бокса необходимо окрасить изнутри и снаружи высококачественной эмалевой краской. После этого следует установить органы управления и добавить еще один слой покрытия. Резиновые прокладки окрашивать нельзя. Надежность работы и наибольший срок службы бокса обеспечиваются в той случае, если все металлические части, включая ручки и штативное гнездо, сделаны из латуни.

В последнее время для защиты наружных поверхностей лодок стали широко применять недавно разработанные пластмассовые покрытия для дерева, которые представляют собой специальную, пропитываемую полимеризующейся пластической массой ткань, прочно пристающую к деревянной поверхности. Эти покрытия образуют твердый, как железо, водоупорный слой толщиной около 1,5 мм без стыков и швов, служащий прочной защитной оболочкой для лежащей под ним поверхности. Одним из таких материалов является «Оуэнс-Корнинг Файберглас». Если нанести (руководствуясь инструкцией) такое покрытие на неокрашенную наружную поверхность деревянного бокса, оно придаст ему крепость и водонепроницаемость почти такие же, какими обладают литые металлические кожухи. При желании бокс можно окрасить по покрытию в яркий цвет. Лучшей отделки для бокса, чем это покрытие, нельзя себе и представить.

Авторы этой книги изготовили целый ряд водонепроницаемых боксов из дерева и пришли к заключению, что они вполне удовлетворяют требованиям подводной съемки. Мы производили съемки на глубинах до 21 м, не прибегая к подкачке воздуха в боксы. Многие ныряльщики предпочитают водонепроницаемый бокс из пластмассы. Изготовить такой бокс в принципе возможно, но обойдется он дорого. Кроме того, пластмасса хрупка, легко повреждается и может давать течь в местах соединения. Из какого бы материала ни был сделан бокс, крышка отверстия для вкладывания аппарата должна быть очень жесткой и негнущейся. Чтобы обеспечить водонепроницаемость пластмассовых крышек, их часто приходится ставить па 10—15 болтов. Вытекающие отсюда неудобства, особенно если

погружения осуществляются из небольшой, раскачивающейся на волнах шлюпки, в значительной мере сократят число снимков, подучаемых в течение данного времени. Под водой в непрерывно меняющейся

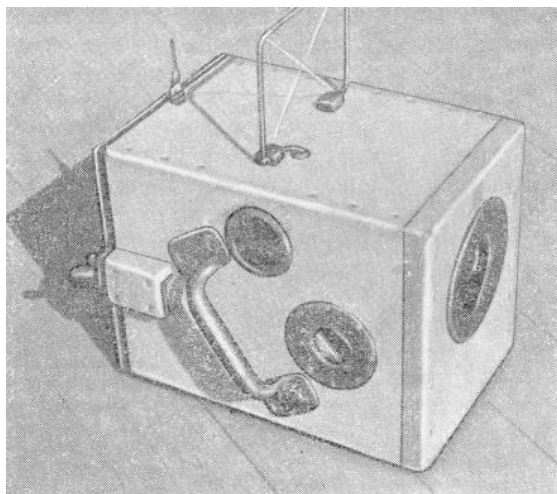
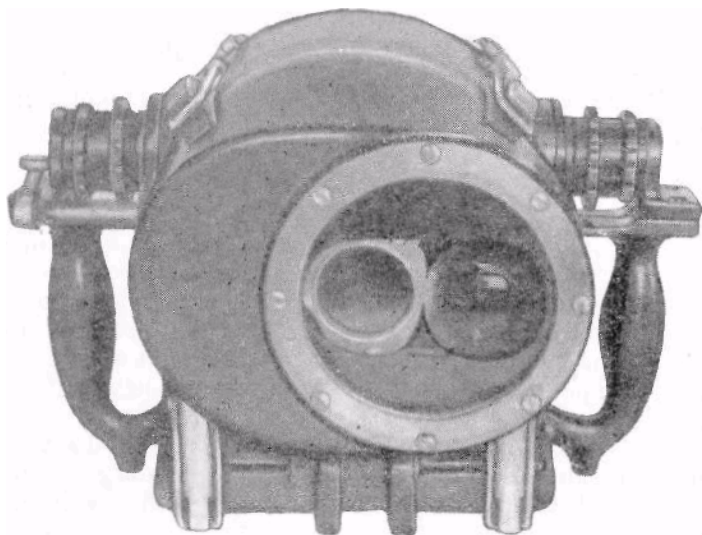


Рис. 18. Деревянный бокс для 16-мм кинопулемета, вид сбоку. Указатель количества оставшейся в аппарате неэкспонированной киноплёнки виден сквозь небольшое окно в дне бокса. Пуск механизма осуществляется простым нажатием на резиновую мембрану, закрывающую кнопку электрического переключателя. Следует иметь в виду, что при такой пусковой кнопке возросшее давление воды может вдавить резиновую мембрану и выключить двигатель камеры

обстановке важнее всего сделать побольше снимков с разных точек. А это требует, чтобы аппарат можно было легко вынимать из бокса на поверхности и чтобы все операции были максимально простыми.

Некоторые аппараты имеют настолько недоступно расположенные или туго работающие органы управления, что трудно приспособить к ним фрикционную или шестеренчатую передачу для сцепления с внешними органами управления. Для такого аппарата

можно сделать водонепроницаемую оболочку более простого типа. Изготавливают бокс, оставив одну сторону открытой. Берут большую резиновую перчатку с раструбом, натягивают ее на открытую сторону бокса и закрепляют при помощи гибкой полоски латуни,



Р и с. 19. 16-мм кинокамера фирмы «Фенджон» с, электроприводов. Обратите внимание на фильтродержатель для смены светофильтров перед объективом и на двойной комплект органов управления {справа и слева} над ручками. Эту камеру выпускает «Фенджон Андеруотер Фото анд Эквипмент компани»

плотно стягивая ею манжету перчатки по краю бокса. Эта перчатка служит крышкой бокса и позволяет приводить в действие органы управления. В передней стенке бокса нужно сделать окно для объектива. Такая комбинация бокса с перчаткой имеет одно неудобство. Она будет работать только в определенном диапазоне глубин, зависящем от давления воздуха в боксе на поверхности. Если погрузить бокс на слишком большую глубину, наружное давление воды вда-

вит резиновую печатку в бокс, и она будет плотно облегать камеру. Если же бокс будет недалеко от поверхности воды, невозможно будет просунуть в него руку. Но такая конструкция все же лучше, чем сложная и ненадежная система органов управления.

КОЖУХИ ДЛЯ ЭКСПОНОМЕТРОВ

В качестве простейшего водонепроницаемого кожуха для экспонометра при съемке на мелководье ложно использовать небольшую, по размерам прибора, стеклянную банку с герметической крышкой. Прибор необходимо закрепить в банке так, чтобы он не болтался в ней и чтобы фотоэлемент приходился против чистого стекла. В такой простой водонепроницаемой оболочке невозможно вращать шкалу, которой снабжено большинство экспонометров. Вместо этого, можно написать необходимые данные на кусочке бумаги и прикрепить его внутри банки, чтобы они были видны ныряльщику.

Более совершенный кожух можно изготовить из прозрачной пластмассы, но это обойдется дороже. Фирма «Фендзон» выпускает водонепроницаемые кожухи из металла и стекла с головкой для вращения шкалы прибора. В этот кожух помещается небольшой экспонометр типа «Вестон». Для съемки под водой при особенно неблагоприятных условиях освещения необходимо пользоваться наиболее чувствительными из существующих в настоящее время фотоэлектрических экспонометров. Ныряльщик, который, экономя деньги, покупает дешевый и относительно малочувствительный прибор, скоро удостоверится в том, что он поступил неразумно. Это тот случай, когда экономия не оправдывает себя.

*Об изготовлении боксов для отечественных фотоаппаратов и опыте подводных съемок, накопленном советскими спортсменами-подводниками, см. журн. «Советское фото»: В. В. Уданов, А. Ионин, Фотографирование под водой, 1957, № 2; Л. Устинов, Человек входит в море, 1958, № 4; А. Массарский, Для подводной съемки, 1960, № 3 — *Ред.*

БОКСЫ ПРОМЫШЛЕННОГО ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЛЯ МЕЛКОВОДНОЙ СЪЕМКИ

В настоящее время изготавливаются водонепроницаемые боксы для целого ряда фотоаппаратов, в том числе для таких, как «Лейка», «Фока», «Робот», «Роллейфлекс» и др. Большинство подводных кинокамер,

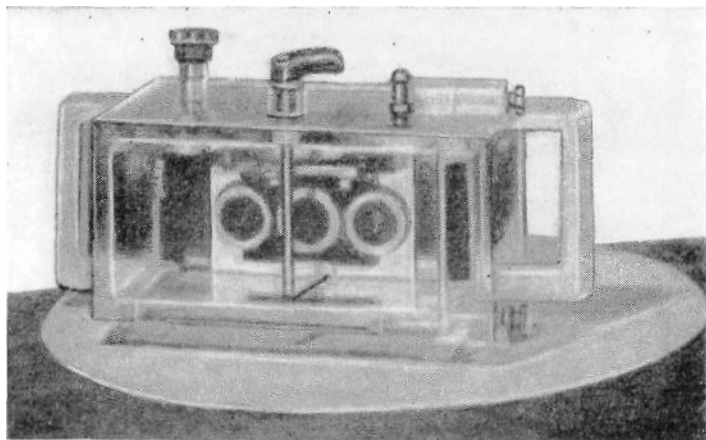


Рис. 20. Пластмассовый водонепроницаемый бокс для фотокамеры «Сtereo-Реалист» фирмы «Андеруотер Спортс» в Майами, Предусмотрев отверстие, через которое вставляется капера сзади, а сбоку бокса, конструкторы уменьшили число болтов крышки до двух

как, например, «Аквафлекс» (киносъемочная камера военно-морского флота США), «Фенджон» и «Батиграф» (применяемый Кусто), выпускается в продажу вместе с самими аппаратами, так как для использования киносъемочного аппарата под водой часто требуется электропривод. Кратко рассмотрим различные типы выпускаемых боксов.

Боксы: для фотоаппаратов

1. «Тарзан» — алюминиевый бокс для 35-мм фотоаппарата «Фока». Управление аппаратом осуществляется посредством вращающихся стержней. Водонепрони-

цаемость в местах пропуска стержней через стенки обеспечивается очень простым способом: с помощью свободных резиновых трубок-колпачков, закрывающих кон-

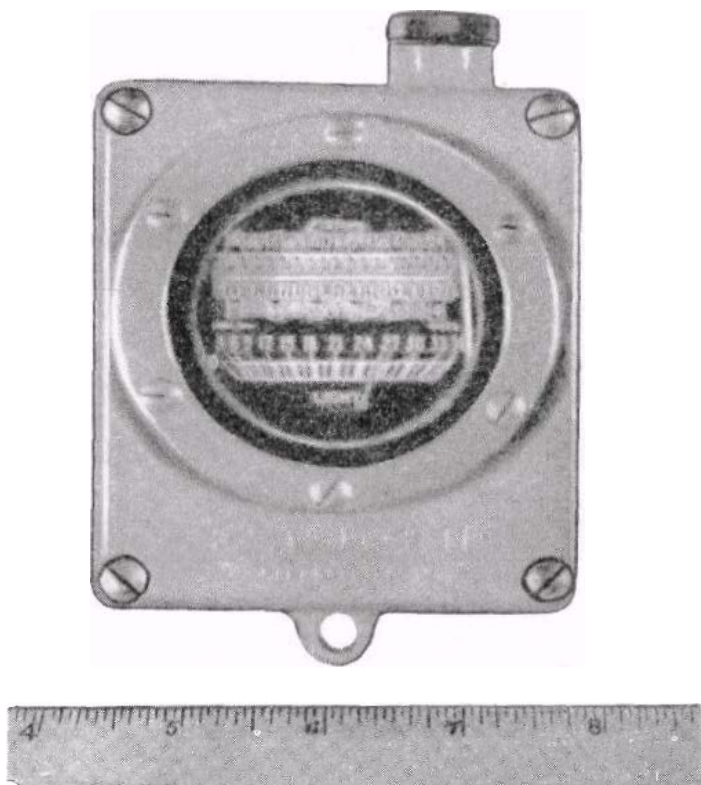


Рис. 21. Водонепроницаемый кожух фирмы «Фендзон» для экспонометра «Вестон». (Снимок из собрания фирмы «Фендзон компани»)

цы стержней. Этим кожухом весьма успешно пользовался Ребиков, но стоимость его все же слишком высока.

2. «Ондофот» — выпускается в США фирмой «Ю. С. Дайверс компани». Этот бокс предназначен для фотоаппарата «Роллейфлекс» и особенно удобен для профес-

сиональной работы, когда существенное значение имеет большой формат кадра. Бокс алюминиевый, прост по устройству и превосходно выполнен

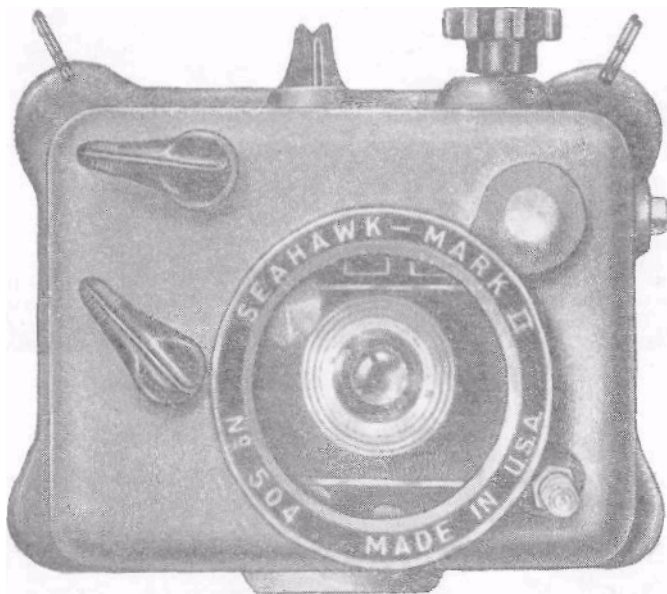


Рис 22. Алюминиевый водонепроницаемый бокс «Сихок Марк II» для фотоаппарата «Аргус С-3». Этот недорогой бокс, сконструированный Джерри Гринбергом, будет с удовольствием встречен многими владельцами аппаратов «Аргус С-3». Верхний рычаг освобождает задержку транспортирующего механизма, а нижним рычагом производится съемка кадра

3. Боксы «Аквафот» для аппаратов «Лейка» и «Фока» почти одинаковы, если не считать заключенных в них камер. Они изготовлены из литого алюминия и снабжены тремя внешними органами управления: рычагом к спусковой кнопке затвора, рукоятками перевода пленки и фокусирования. «Фока» — французский фотоаппарат, более дешевый, чем «Лейка», но вполне пригодный для обычных съемок.

4. Бокс фирмы «Акустише унд Кино-Герэте» (АКГ, системы Ганса Хасса) для фотоаппарата «Лейка»



Рис. 23А. Неокрашенный деревянный бокс с гнездом для стекол окон. Справа над заводной головкой аппарата показана рукоятка управления переводом пленки, сочленяющаяся с заводной головкой. Перед боксом рядом со стеклами и пластинами для крепления стекол окон видны сальники для остальных органов управления

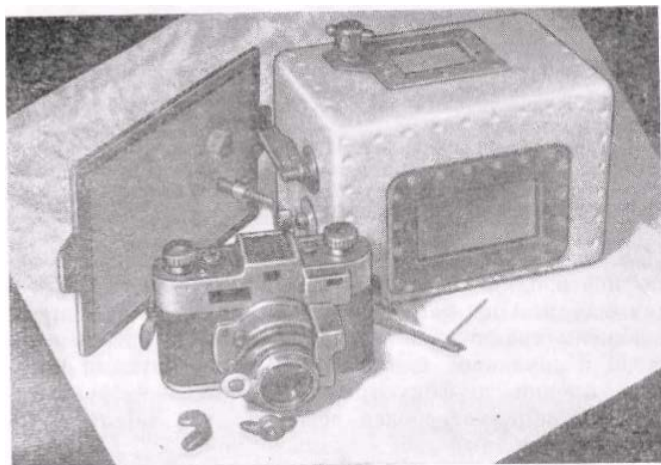
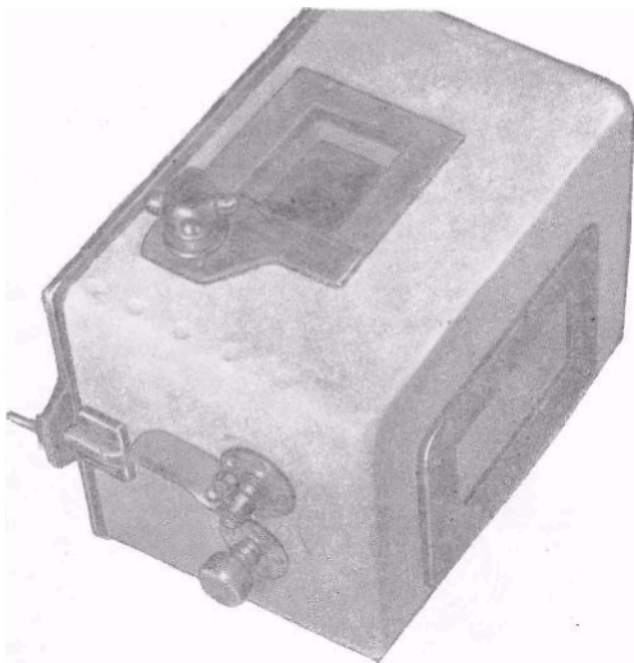


Рис. 23Б. Бокс в собранном виде с латунной задней крышкой. Один из органов управления и привода к синхроконтакту пропущены через крышку

представляет собой дорогостоящий, по превосходно выполненный водонепроницаемый кожух. Наружу бокса выведены рукоятки фокусирования, установки диа-



Р и с. 23В. Бокс с аппаратом внутри, слева видны рычаг *i*; спуско-в-ш кнопке затвора и рукоятка фокусирования

фрагмы объектива и установки выдержек. Поскольку фирма «Лейтц» выбрала этот бокс для выпуска и продажу, надо полагать, что он наилучшим из существующих.

5. Кожух итальянского производства «Барракуда» сходен по форме с кожухом фирмы АКГ и снабжен выведенными наружу рукояткой перевода пленки, рычагом к спусковой кнопке затвора и рукояткой фокусирования. Он имеет цилиндрическую форму,

у него есть крышка для предохранения окна объектива камеры от ударов на поверхности. В США эти кожухи поставяет фирма «Фендзон».

6. Фирма «Андеруотер спортс» производит пластмассовые кожухи серии «Мако» для фотоаппаратов «Робот», «Лепка», «Болекс», «Экзакта», «Кэннон»,

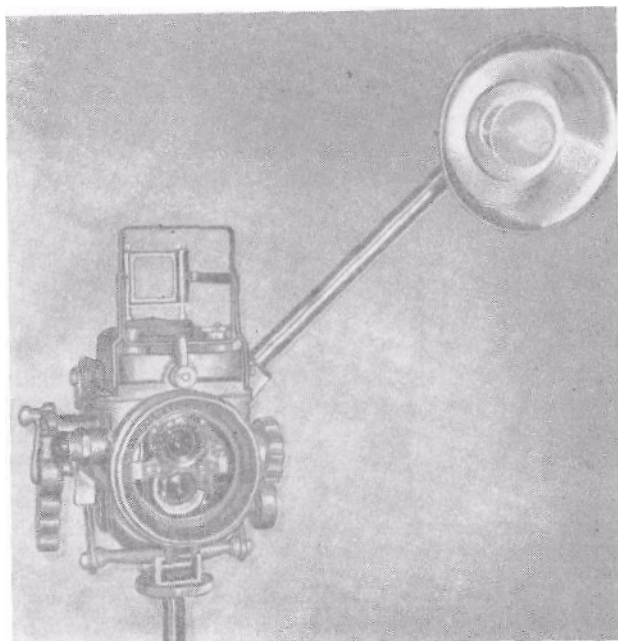


Рис. 24. Водонепроницаемый бокс фирмы «Франке и Хайдекке» для фотоаппарата «Роллейфлекс» с лампой-вспышкой в осветителе на удлиненном стержне. Можно пользоваться зеркальным видоискателем камеры или же рамочным видоискателем, которым снабжен бокс, (Снимок на собрания фирмы «Фенджои»)

«Аргус С-4» и «Контакс», а также для любых других, которые могут быть приспособлены для подводной съемки. Боксы эти имеют простую конструкцию, число болтов крышки уменьшено до двух — очень удачное

усовершенствование по сравнению с другими типами пластмассовых кожухов. Эти кожухи относительно недороги и удовлетворяют требованиям рядового, не профессионального ныряльщика. Количество внешних органов управления может быть разное, по желанию потребителя, причем с каждым добавочным органом управления стоимость кожуха повышается. Самым популярным подводным аппаратом с боксом типа «Мако» является фотокамера «Брауни Холидей» в простом пластмассовом кожухе с двумя внешними органами управления: рукояткой перевода пленки и рычагом к спусковой кнопке затвора. (Смотри в гл. IV специальные указания по пользованию этим аппаратом.)

7. Фирма «Сихок Продуктс» изготавливает цельно-металлические боксы для фотоаппарата «Аргус С-3». В основной модели бокса этого типа наружу выведены рукоятка перевода пленки, рычаг взвода и рычаг спуска затвора.

8. Бокс «Аквафот-Стерео» предназначен для стереоскопического фотоаппарата «Вераскоп» и выпускается фирмой «Альфа Фото корпорейшн». Он имеет единственный выведенный наружу орган управления — для перевода пленки и спуска затвора.

9. Бокс фирмы «Франке и Хайдекке» предназначен для фотоаппарата «Роллейфлекс» с автоматическим заводом — еще один превосходный, но дорогой водонепроницаемый кожух, сконструированный Гансом Хасом. Все органы управления выведены наружу. Бокс оснащен осветителем лампы-вспышки на удлиненном стержне, вставляемом и специальное гнездо на боковой стенке бокса.

10. Подводная фотокамера «Гогглер» фирмы «Фенджен» представляет собой хорошо выполненную дорогостоящую камеру в водонепроницаемом кожухе с форматом кадра 6 x 6 см. Наружу выведены все органы управления, в том числе рукоятка для смены светофильтров. Доступ к камере чрезвычайно облегчен благодаря тому, что крышка закрепляется не болтами, а пружинящим замыкающим устройством. Как и аппарат в боксе фирмы «Франке и Хайдекке», это подводная фо-

токамера профессионального типа. Изготавливается фирмой «Фенджон Андеруотер Фото энд Эквипмент компани».

Боксы для кинокамер

1. «Фенджон». Превосходный кожух, предназначенный для 16-мм кинокамеры «Белл-Хауэлл» с электроприводом и широкоугольным объективом 1 : 1,5. Наружу выведены все органы управления, включая рукоятку для смены, светофильтров. Стоимость слишком высокая для любителя. (См. библиогр., IV, 3).

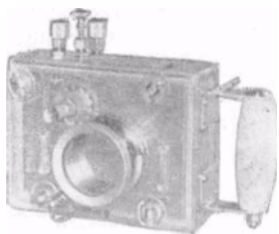
2. «Аквафлекс». Это подводная 35-мм кинокамера фирмы «Эклер» (си. библиогр., IV, 4).

3. «Батиграф». Это профессиональная 35-мм кинокамера стоимостью около 6000 долл. [III, 3].

4. «Мако» — хорошо выполненный литой алюминиевый бокс для широко распространенной кинокамеры «Болекс». Число внешних органов управления может быть различным, по требованию потребителя.

5. Подводная кинокамера «Д-К» фирмы «Дотсон-Каймз» представляет собой заключенную в водонепроницаемый кожух камеру с электроприводом, кассетой емкостью 15 м, пленкой и объективом 1 : 1,5. Главная

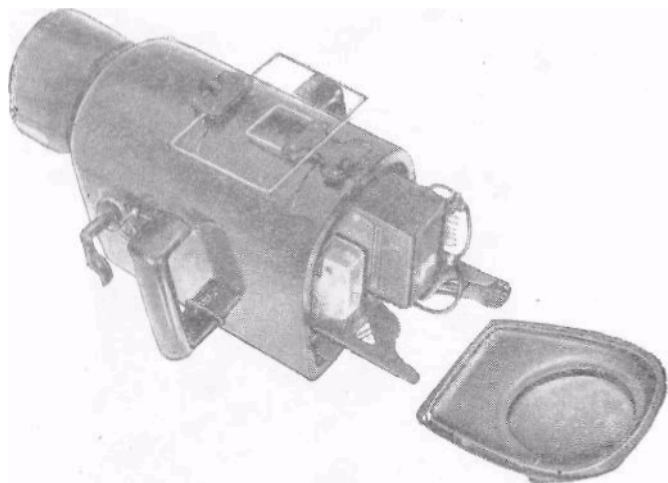
* Для советской малоформатной камеры типа «Зоркий в Институте океанологии АН СССР В. Будановым сконструирован бокс, приведенный на рисунке в этой сноске. Стенки бокса склеены из органического стекла, толщиной 10 мм. Управления наводкой объектива, спуском затвора, изменением времени выдержки и переводом пленки выведены наружу.



Крышка бокса крепится четырьмя барашками. Этим достигается надежная герметизация и облегчается доступ внутрь бокса.

Конструкция рассчитана на глубину погружения до 30 м. Ниппель на передней стенке позволяет повышать давление внутри бокса до 1,5–2 атм и тем самым снижать возможность проникновения в него влаги.— Ред.

конструктивная особенность этой камеры — автоматическое регулирование диафрагмы объектива, хотя одна ли рядовой любитель найдет это удобным. Как Мы увидим в дальнейшем, в каждое показание экспонометра приходится вносить несколько поправок, прежде чем установить относительное отверстие диаф-



Р и с. 25. Подводная 16-мм киносъёмочная камера фирмы «Дотсон-Каймз» с электроприводом и автоматическим регулированием диафрагмы. Задняя крышка снята, и виден кинопулемет. Для перезарядки кинокамеру можно очень быстро вынуть из бокса через отверстие в задней крышке, не отвинчивая никаких болтов

рагмы, и трудно себе представить, как это может быть осуществлено камерой, не обладающей электрическим мозгом.

6. «Аквафот Синема - I» — французская подводная кинокамера, представляющая собой заключенную в бокс 16-мм камеру «Болье» с электроприводом. Наружу выведены только органы управления обтюратором. Подводные кинокамеры «Аквафлекс» и «Батиграф» оснащены миниатюрными автономными системами погружения, которые автоматически регулируют давление воздуха в боксе камеры на любой глубине. Это необходимо для больших и сложных подводных камер,

когда нарушение водонепроницаемости привело бы к порче дорогостоящей аппаратуры. Принцип действия этих систем с высоким давлением воздуха тот же, что

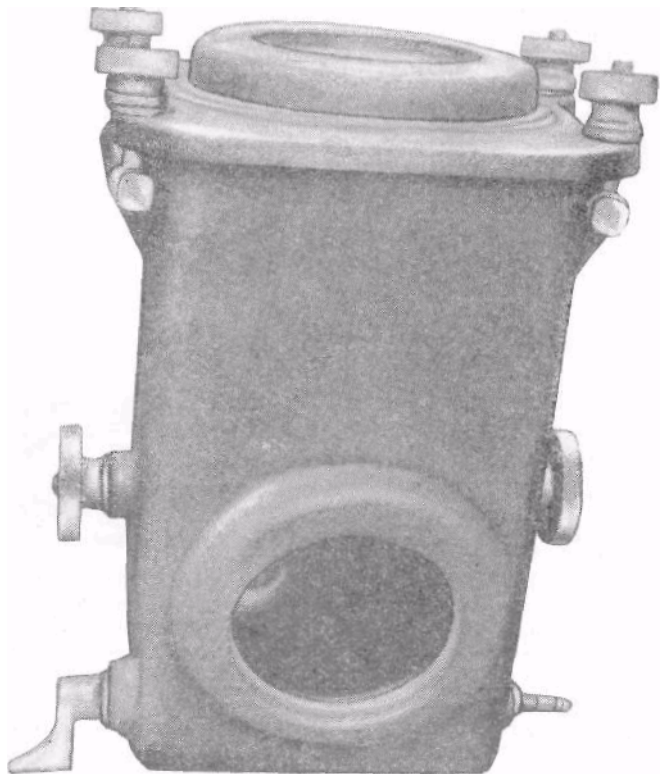


Рис. 26. Водонепроницаемый бокс «Ондифот» для фотоаппарата «Роллейфлекс». Круглое окна сверху позволяет производить наводку на резкость и кадрирование под водой по матовому стеклу. Очень прочный и хорошо выполненный бокс. (Снимок фирмы «Мультифото»)

использован в «акваланге» — автономном легководолазном снаряжении (см. библиогр., VII, 1). При съемке

небольшими подводными камерами на мелководье применять «микроакваланг» для автоматического регулирования давления воздуха в боксе обычно не требуется. Для съемки на глубинах свыше 30 м давление воздуха в боксах небольших камер обычно попытают путем подкачки на поверхности. Это можно делать при использовании бокса «Фенджон», Вообще же хорошо сконструированный водонепроницаемый бокс при съемке на небольшой глубине подкачки не требует.

При работе с большинством этих водонепроницаемых боксов в морской воде следует соблюдать меры предосторожности. Разнородные металлы, такие, например, как латунь, алюминий, железо и т. д., образуют в морской воде электролитическую пару, в результате чего в металле будут образовываться раковины. Особенно сильно подвержен коррозионному воздействию алюминий. Один из способов предохранения от коррозии заключается в том, что части подводной камеры тщательно покрывают слоем твердого воска и затем после каждого погружения хорошо промывают пресной водой. В Вудс-Хоулском океанографическом институте все алюминиевые части обычно анодируют, что полностью предохраняет их от коррозии. Несоблюдение мер предосторожности при работе с алюминиевым водонепроницаемым боксом приведет к быстрому разрушению оборудования стоимостью в несколько сотен или тысяч долларов.

ЛАМПЫ-ВСПЫШКИ И ОСВЕТИТЕЛИ

Самый простой способ пользования лампами-вспышками под водой — это полностью герметизировать обычный осветитель лампы-вспышки, например, заключив его в водонепроницаемый кожух, соединенный с боксом камеры только кабелем включения или синхронизации. Закрытое стеклом окно пропускало бы световой поток лампы в воду. Но такой прибор был бы крайне громоздким и неудобным, так как его пришлось бы всякий раз вместе с фотоаппаратом поднимать на поверхность для замены использованной лампы.

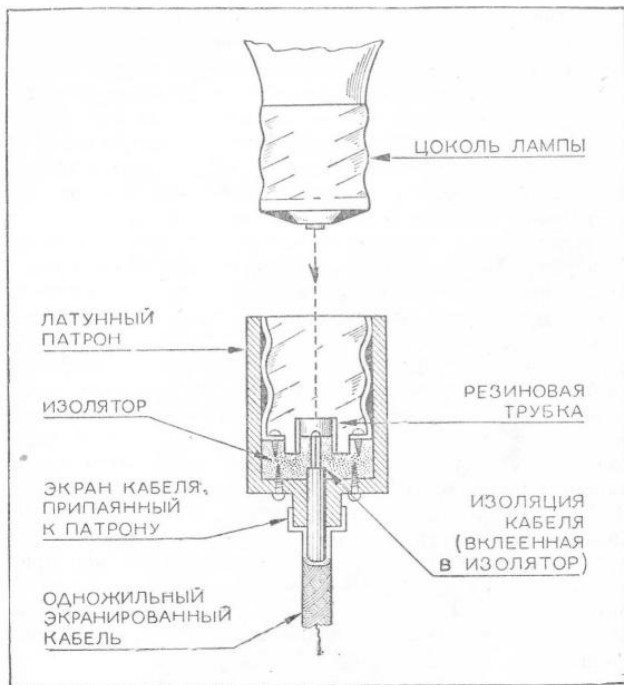


Рис. 27. Схема, показывающая устройство полуводонепроницаемого патрона для больших ламп-вспышек. Обратите внимание на то, что отрезок резиновой трубки в патроне охватывает контакт в дне цоколя лампы и снижает до минимума возможность утечки тока через воду

Таким образом, очень важно иметь возможность заменять лампы-вспышки под водой и при этом обеспечить надежность поджига лампы во всех случаях съемки в пресной или в соленой воде. Рассмотрим, как разрешается эта проблема.

Неизвестно, на какой максимальной глубине погружения могут работать, не подвергаясь разрушению,

незащищенные лампы-вспышки всех типов, но Юинг [Ш, 1] установил, что лампы-вспышки № 5 еще действуют на глубине 1190 м, а лампы-вспышки № 22— на глубине 110 м. По-видимому, большинство типов ламп-вспышек при осторожном обращении вполне выдержит давление столба воды на глубинах, доступных для ныряльщика в автономном снаряжении. Ввиду того что при погружении замазка, прикрепляющая цоколь к колбе, лампы, обычно размягчается, колба во время замены лампы под водой может перекрутиться относительно цоколя и треснуть. Тогда не исключено, что давление воды раздавит лампу и она разлетится на куски с такой силой, что может серьезно поранить пальцы или ладони рук. По этой причине при работе с лампами-вспышками под водой руки должны быть защищены.

Вследствие того что всякая природная вода, особенно соленая, является проводником электричества, обычная 3-вольтовая электроцепь для поджига лампы-вспышки под водой непригодна. Были разработаны специальные схемы с применением сухой батареи напряжением 22,5 в и конденсатора (приборы типа В-С), дающие сильный импульс тока. Эти приборы работают по принципу «грубой силы»; другими словами, они дают настолько сильный ток, что потери вследствие утечки через воду не препятствуют поджигу лампы. Тем не менее электроцепь все же должна быть изолирована вплоть до контактов лампы.

На рис. 27 показан в разрезе простой полуизолированный патрон для больших ламп-вспышек. Патрон такой же конструкции только иных размеров, необходим и для миниатюрных ламп. При ввинчивании лампы в такой патрон изолированная конусная поверхность цоколя лампы плотно прижимается к отрезку резиновой трубки соответствующего диаметра. Тонкий слой влаги, остающийся между контактами при таком способе изоляции, не препятствует поджигу лампы.

Приборы с батарейно-конденсаторной схемой поджига имеют столь небольшие размеры, что обычно бывает целесообразно помещать их внутри водонепроницаемого бокса фотокамеры, оставляя снаружи только

рефлектор и ламповые патрон, благодаря чему получается компактный подводный аппарат с осветителем. Провод к патрону пропускают через простой сальник. Предпочтительнее всего использовать для этого микрофонный кабель, так как он прочен и обладает гладкой

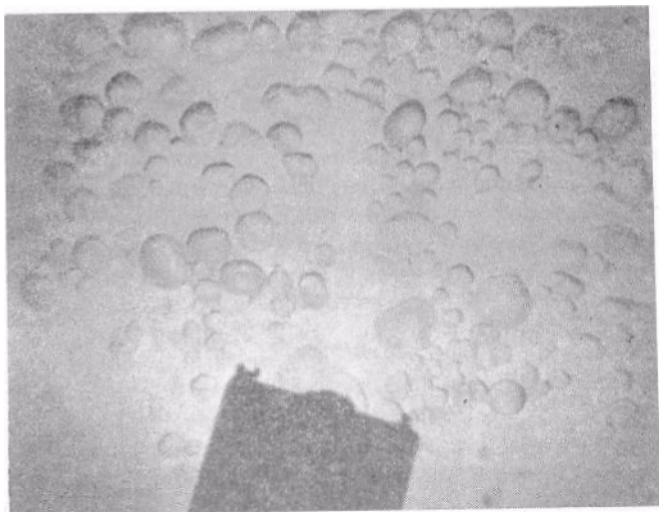


Рис. 28. Эта фотография, насколько нам известно, сделана на самой большой глубине — 5500 м, где давление столб воды достигает 630 кг/см^2 . На спуск и подъем установки подводного фотографирования потребовалось 2,5 часа. Крупные объекты на снимке, как полагают, представляют собой губчатые образования или марганцевые комки. Снято фотоаппаратом «Аргофлекс» на пленке «Верихром» с лампой-вспышкой № 5; диафрагма 8; $1/50$ сек. Поле зрения 1,8 м. (Снимок из собрания Дэвида Оуэна, Вудс-Хоулский океанографический институт)

поверхностью и идеально круглым сечением. Следует выбрать кабель одножильного типа с медной экранирующей оплеткой, в защитной пластмассовой оболочке. Некоторые кабели могут пропускать воду вдоль проводника, особенно при неудачной конструкции изоляции. Помня об этом, необходимо испытать кабель на водонепроницаемость.

Электрическая схема типичного батарейно-конденсаторного прибора показана на рис. 35, входящем в статью

Д. М. Оуэна. Конденсатор емкостью больше 200 мкф применять не следует, так как при этом не исключена опасность обгорания контактов в фотокамере.

Рефлектор с лампой-вспышкой не следует устанавливать слишком близко к корпусу камеры, особенно при съемке с больших расстояний, ввиду сильного местного рассеянного отражения света в воде. Применяя сменные рукоятки или надставные стержни различной длины, можно легко изменять расстояние между рефлектором и камерой.

Даже хорошо хромированные латунные рефлекторы будут постепенно подвергаться действию коррозии в соленой воде, если их не покрыть слоем воска или лака и не обмывать после каждого погружения пресной водой. Наиболее удобны тщательно анодированные рефлекторы из выдавленного алюминия, не требующие никакого ухода, но только их трудно достать.

Запас ламп-вспышек проще всего иметь с собой в сумке, сделанной из куса крупноячеистой рыболовной сети. С помощью петли на конце шнурка, стягивающего отверстие сумки, можно прикрепить ее к запястью руки, и она будет плавать наподобие поплавка, не мешая работе.

ИЗГОТОВЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОННОЙ ИМПУЛЬСНОЙ ЛАМПЫ

Электронная импульсная лампа представляет собой дорогостоящий электрический прибор, весьма чувствительный к разрушительному действию соленой воды. Устройство обычной портативной электронной фото-вспышки таково, что ее нелегко герметизировать для использования под водой. Поэтому гораздо целесообразнее сконструировать корпус для компактного размещения в нем элементов электрической схемы, не пропускающий воды, обеспечивающий доступ к элементам схемы для ремонта и исключающий опасность удара электрического разряда.

Нижеследующий раздел книги предназначен для читателей, обладающих практическими познаниями в

электронике, а также способностями к конструированию как в механической, так и в электрической области. Следует особо подчеркнуть, что конденсаторы, используемые для накопления энергии, заряжаются до очень высокого потенциала, представляющего серьезную опасность (удар электрического разряда).

Рассмотрение способов сведения к минимуму возможных опасностей при изготовлении высоковольтного оборудования выходит за рамки этой книги, но сущность их заключается и в физическом изолировании всех проводников, находящихся под высоким напряжением, не только друг от друга, но также и от элементов крепящей конструкции и от участков, к которым оператор может случайно прикоснуться. Низковольтные приборы представляют не меньшую опасность, чем высоковольтные, так как накапливаемая энергия в них может быть столь же большой или даже большей.

Принимая во внимание необходимость максимально упростить конструкцию прибора, вероятно, целесообразнее всего смонтировать весь блок питания, включая батарею, а также механизм зажигания импульсной лампы и саму лампу в одном корпусе. Импульсные лампы небольшого размера хорошо работают с рефлектором диаметром 10 см, который тоже можно поместить в этом же корпусе. Все электронные импульсные приборы, рассматриваемые в этой книге, относятся к типу приборов, смонтированных в одном корпусе.

Выбор электрической схемы прибора зависит от того, какие характеристики хотят получить. Низковольтные приборы проще в изготовлении, и их можно сделать, в зависимости от типа батареи, с небольшим запасом энергии — на 200—300 вспышек — или же с таким большим запасом энергии, как запас на 2—3 тыс. вспышек, после чего потребуется замена батареи. При небольшом запасе энергии батареи прибор получается более компактным.

Световая отдача прибора зависит от числа конденсаторов. Конденсатор, накапливающий энергию в 50 *вт·с* (конденсатор 525 *мкф* 450 *в*), можно считать практически наименьшим, достаточным для максимального расстояния от прибора до объекта съемки около 0,9 *м*.

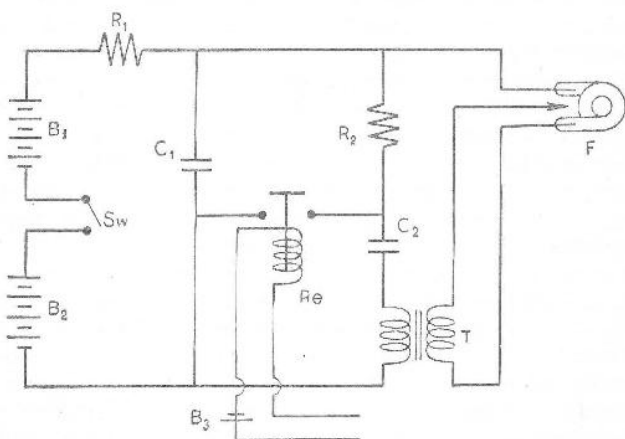
Для ныряльщика и автономном снаряжении прибор, развивающий энергию вспышки более 200 *вт-с*, будет слишком тяжелыми и громоздким, так как для обеспечения приемлемого интервала между вспышками он потребует дополнительных конденсаторов и большого блока питания. Для тех, кто не знаком с работой электронной импульсной лампы, поясняем, что «интервал между вспышками» есть наименьший промежуток времени между двумя вспышками, необходимый на полную зарядку конденсаторов и определяемый постоянной времени RC цепи электронной импульсной лампы. Практические указания по изготовлению, электрические схемы, перечисление частей и деталей и другие сведения, относящиеся к электронным импульсным лампам, можно найти в таких, например, брошюрах, как «Руководство по электронной лампе-вспышке «Спрейг» и «Универсальный блок питания и импульсные лампы для электронной фотовспышки» Гордарсона*.

Обычные схемы и монтаж электрических проводов, описанные в вышеупомянутых источниках, при использовании в подводных приборах нуждаются в некоторых изменениях. Одно из таких изменений касается цепи переключателя или цепи зажигания импульсной лампы. Эти цепи обычно имеют высокий импеданс и чрезвычайно чувствительны к утечке тока. Отказ в надежной работе подводного электронного импульсного прибора часто объясняется образованием пленки влаги на проводах синхронизации у фотокамеры (место, на которое вполне может попасть вода во время перезарядки аппарата). Во всех подводных приборах рекомендуется применять либо цепь зажигания с реле, либо цепь переключения с низким импедансом. Если не предъявляются какие-либо особые требования, следует брать реле «быстродействующее» или «безынерционное» и устанавливать его в корпусе электронного импульсного прибора,

На рис. 29 и 30 показаны электрические схемы типичного низковольтного электронного импульсного

*Об электронных лампах-вспышках отечественного производства см. А. Г. Симонов, Фотографирование при искусственном освещении, «Искусство», 1959. — *Ред.*

ПОДВОДНЫЙ ЭЛЕКТРОННЫЙ ИМПУЛЬСНЫЙ ПРИБОР
С ЭНЕРГИЕЙ ВСПЫШКИ 100 ВТ·С,
ПИТАЕМЫЙ ОТ СУХИХ БАТАРЕЙ



R_1 - 10000 Ом 10 Вт

R_2 - 1 мОм 1 Вт

C_1 - КОНДЕНСАТОР 1150 мкФ 450 В

C_2 - КОНДЕНСАТОР 0,25 мкФ 600 В

B_1 - БАТАРЕИ, СОСТОЯЩИЕ КАЖДАЯ
из четырех 67½ вольтовых БАТАРЕЙ

B_2 - 6-ВОЛЬТОВАЯ БАТАРЕЯ ПИТАНИЯ РЕЛЕ

B_3 - 6-ВОЛЬТОВАЯ БАТАРЕЯ ПИТАНИЯ РЕЛЕ

R_{re} - РЕЛЕ ЗАЖИГАНИЯ (СИСТЕМА С ХОЛОСТЫМИ КОНТАКТАМИ)

S_w - ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛЬ С КОЛЕНЧАТЫМ МЕХАНИЗМОМ, ИЛИ РТУТНЫЙ

T - ЗАЖИГАЮЩАЯ КАТУШКА ТИПА РЕ

F - ИМПУЛЬСНАЯ ЛАМПА ТИПА FT-218

Рис. 29. Простой и достаточно мощный электронный импульсный прибор для съемок под водой. Прибор такого типа может без труда изготовить всякий, кто знаком с основами электротехники

прибора с питанием от батарей, развивающих полный необходимый для вспышки потенциал, и высоковольтного прибора, питаемого от 6-вольтовых элементов, с

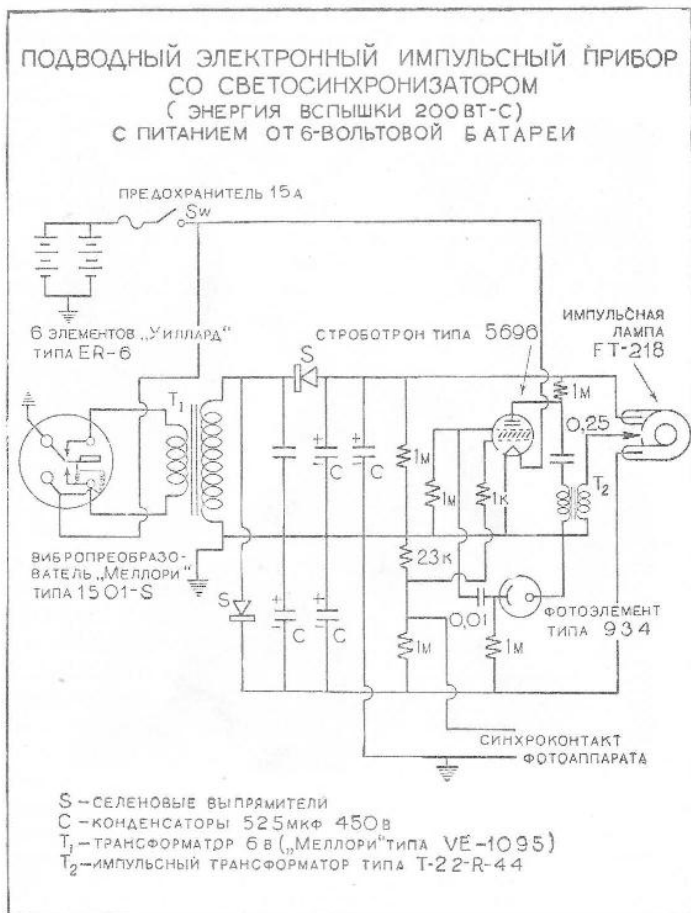


Рис. 30. Несколько более сложная электрическая схема электронного импульсного прибора. Предусмотрено устройство для внешнего включения от светового пучка, падающего на фотоэлемент

вибропреобразователем и селеновыми выпрямителями. Если, как это рекомендуется, весь прибор заключен в один водонепроницаемый корпус, то наружу нужно

вывести лишь два провода для синхронизации и выключатель блока питания. Использование ртутного переключателя, примененного в приборах Эджертон,



Рис. 31. Бокс фирмы «Акустише унд Кино-Герэте» для фотоаппарата «Лейка» и электронный импульсный прибор в водонепроницаемом корпусе. Деревянный кожух, в который заключен прибор, служит для предохранения его от повреждений на поверхности. Обратите внимание на то, что угол между оптическими осями аппарата и прибора можно регулировать для съемки крупным планом или с большего расстояния. (Снимок из собрания д-ра Г. И. Эджертон)

исключает необходимость выведения его наружу из водонепроницаемого корпуса, так как он автоматически включается и выключается в зависимости от положения прибора в пространстве. Таким образом, при располо-

женин переключателя внутри корпуса прибор и нерабочем состоянии просто держат повернутым на соответствующий бок. При повороте на 90 переключатель замыкает цепь и конденсаторы заряжаются.

Корпус прибора должен быть особенно прочным и обеспечивать легкий доступ к прибору для его проверки и замены батареи. Весьма удобны применяемые в том или ином конструктивном оформлении корпуса, сделанные из тяжелых металлических цилиндров, закрытых с одного конца приваренной или припаянной крышкой. Применялись и стеклянные трубы с наружной защитной обшивкой. Стекло обладает удивительной прочностью и может выдерживать большое статическое давление, но его необходимо предохранять от ударов.

Прежде чем выбрать окончательную форму корпуса, следует рассчитать ожидаемую плавучесть готового прибора. Авторы книги предпочитают небольшую отрицательную плавучесть в 1—2 кг. Однако при работе на большой глубине или в трудных условиях более выгодной может оказаться достаточно большая положительная плавучесть, благодаря которой прибор и фотокамера будут быстро всплывать на поверхность, если их отпустить. При отрицательной плавучести, превышающей 1—2 кг, электронный импульсный прибор в комплекте с фотоаппаратом будет слишком обременителен для автономного ныряльщика. Большая отрицательная плавучесть нужна лишь тогда, когда прибор в комплекте с аппаратом устанавливается на штатив, что очень редко может потребоваться при съемке с использованием электронной вспышки. В некоторых случаях может быть целесообразно снабдить электронный импульсный прибор в комплекте с фотоаппаратом спасательным устройством надувного типа, аналогичным тому, которое рекомендуется для ныряльщиков, с тем, чтобы в случае необходимости наполнить это устройство воздухом и предоставить подводный аппарат самому себе.

Кроме прибора основного типа можно сконструировать вторичную, или «подсобную», электронную импульсную лампу, срабатывающую (с помощью фотоэлемента) от световой вспышки основной электронной импульсной

лампы, включаемой от синхроконтakta фотоаппарата. Такой прибор, не требующий соединительных кабелей может держать помощник фотографа, используя его в качестве прибора заполняющего света для дополнительной освещенности. Электрическая схема этого подсобного прибора не намного сложнее схемы электронной импульсной лампы с включением от синхроконтakta аппарата; кроме того, этот прибор можно использовать также и обычным образом, в качестве основной вспышки, если присоединить его посредством кабеля не к светосинхронизатору, а к синхроконтaktu фотокамеры.

Электронный импульсный прибор требует таких же затрат, как и легководолазное снаряжение, да, сверх того, необходимо еще время и умение, чтобы приспособить его для работы под водой, если фотограф не в состоянии приобрести прибор промышленного изготовления. Подводные электронные импульсные приборы в настоящее время выпускаются фирмами «Фенджен Андеруотер Фото энд Эквипмент компани», «Андерси инкорпорейтед» (Майами) и «Альфа Фото корпорейшн» (Нью-Йорк); последняя распространяет приборы системы Ребикова. Подводные осветительные приборы с импульсной лампой еще больше расширяют возможности подводной фотографии: мгновенная вспышка простого в обращении прибора помогает запечатлеть любой движущийся под водой объект. Затраты на этот прибор вполне оправдывают себя в том случае, если фотограф может систематически использовать все его преимущества. Прибор этот сложный, дорогостоящий и предназначен отнюдь не для начинающих, однако он является одним из важнейших средств подводного фотографирования.

ГЛУБОКОВОДНОЕ ФОТОГРАФИРОВАНИЕ

До сих пор мы рассматривали водонепроницаемые боксы для камер и корпуса электронных импульсных ламп, предназначенные для небольших глубин. Вполне возможно, что деревянные водонепроницаемые кожухи пригодны для работы и на больших глубинах погруже-

ния (до 45 м и более), но прогиб стенок бокса на такой глубине может зажать органы управления. Применив способ Кусто — «микроакваланг» для регулирования давления воздуха в боксе, — можно было бы, конечно, пользоваться деревянным кожухом на любой глубине. Обычно в случае необходимости погружения ныряльщиков в опасную зону высоких давлений применяют более профессиональный металлический бокс. На глубинах, превышающих 75 м, используют только автоматические установки, конструирование которых часто представляет значительную сложность.

Существует целый ряд способов решения проблемы использования съемочных аппаратов на глубинах с высоким давлением. В принципе такую глубоководную установку можно либо снабдить устройством для автоматического регулирования внутреннего давления воздуха, либо изготовить для нее оболочку, которая бы выдерживала наружное давление воды без повышения внутреннего давления воздуха (установкой такого типа является «Бентограф»). Такие установки можно опускать на тросах или же применять в виде автономной аппаратуры.

Расчет по теории упругости толстостенных оболочек показывает, что водонепроницаемый бокс, обладающий положительной плавучестью, можно погружать на глубину до 6100 м; при дальнейшем погружении уже возможно его разрушение (предел упругости литой стали). Таким образом, можно сконструировать установку, обладающую положительной плавучестью, с автоматически отцепляющимся балластом, которая будет самостоятельно возвращаться на поверхность.

Каждый коллектив исследователей достигал решения стоявших перед ним специальных задач в области глубоководного фотографирования при помощи установок различной конструкции. Рассмотрение всех этих вопросов в полном объеме потребовало бы написания отдельной книги. Читатель, интересующийся этой областью подводного фотографирования, найдет превосходный обзор современных установок для глубоководного фотографирования в статье Д. М. Оуэна. Мы отсылаем его также к статьям Юинга и Хаана [IV, 2

и III, 1] представляющим собой обзоры современного глубоководного фотографирования.

Для тех, кто намеревается заниматься погружением на большие глубины или применять автоматические установки для глубоководного фотографирования, могут представить интерес излагаемые ниже основные положения теории упругости.

Теория тонкостенных и толстостенных тел, подвергающихся равномерной внешней нагрузке, хорошо разработана Тимошенко и другими. Из их работ могут быть взяты нижеследующие формулы.

Обозначения;

D — максимальная стрела прогиба, см.

S — максимальное напряженно, σ на кв. см.

a — радиус диска, см.

P_0 — внешнее давление, σ на кв. см.

P — внутреннее давление, σ на кв. см.

H — толщина стенки, см.

u — коэффициент Пуассона.

E — модуль упругости, σ на кв. см.

R — наружный радиус оболочки, см.

r — внутренний радиус оболочки, см.

x — длина короткой стороны пластины, см..

y — длина длинной стороны пластины, см.

1. Тонкостенный диск с зажатым краем (т. е. стекло окна для объектива, зажатое между двумя металлическими поверхностями).

$$D = \frac{P_0 a^4 (1 - u^2)}{5,33 E H^3},$$

на внешнем краю диска:

$$S = \frac{0,75 P_0 a^2}{H^2}.$$

2. Тонкостенный диск со свободно поддерживаемым краем (т. е. стекло окна для объектива, удерживаемое в гнезде с резиновой прокладкой).

$$D = \frac{P_0 a^4 (1 - u^2) (5 + u)}{5,33 E H^3};$$

$$S = \frac{3 (3 - u) P_0 a^2}{8 H^2}.$$

Для толстых окон требуется дополнительный член для срезающего сдвига, не даваемый здесь (см. библиогр., VII, 3.).

3. Бесконечный цилиндр, толстостенный.

$$S = \frac{P_i (R^2 + r^2) - 2R^2 P_0}{R^2 - r^2}.$$

Когда P_0 значительно превышает P_i (большая глубина):

$$S = - \frac{2R^2 P_0}{R^2 - r^2}.$$

Когда H мало (тонкие стенки, малая глубина):

$$S = - \frac{R (P_0 - P_i)}{H}.$$

4. Сферическое тело, толстостенное.

$$S = - \frac{P_0 (2R^3 - r^3) - P_i r^3}{2 (R^3 - r^3)}.$$

Когда P_0 значительно превышает P_i (большая глубина):

$$S = - \frac{P_0 (2R^3 - r^3)}{2 (R^3 - r^3)}.$$

Когда H мало (тонкие стенки, малая глубина):

$$S = - \frac{R (P_0 - P_i)}{2H}.$$

5. Плоская прямоугольная пластина, приближительная формула;

$$S = K \frac{\left(\frac{x}{2}\right)^2 2P_0}{H^2 \left[1 - \left(\frac{x}{y}\right)^2\right]}.$$

Для зажатого края (т. е. сварной металлический бокс) $K=0,48$ (сталь) и $0,75$ (чугун). Для свободно поддерживаемого края (т. е. крышка бокса) $K=0,71$ (сталь) и $1,13$ (чугун)

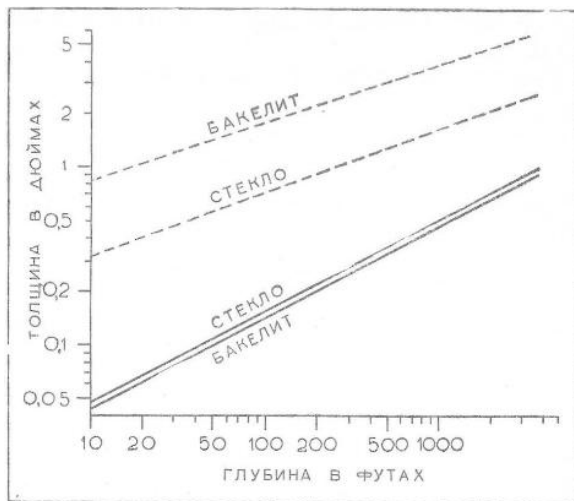


Рис. 32. График зависимости толщины окна бокса (в дюймах) от глубины погружения (в футах), построенный, исходя из значения предельной прочности стекла и предела упругости прозрачного бакелита (12 500 фунтов на кв. дюйм или 875 кг/см^2 — сплошные линии). Пунктирными линиями показана зависимость толщины стекла и бакелита от глубины, построенная, исходя из наибольшей допустимой стрелы прогиба, равной длине волны желтых лучей. Все расчеты произведены для окна диаметром в 4 дюйма (10 см). Зависимости, показанные пунктирными линиями, отражают условия прочности, значительно превосходящие то, что необходимо на практике. Ниже условий, представленных сплошными линиями, опускаться опасно. Для пересчета значений толщины, даваемых сплошными линиями, для окон иного диаметра нужно просто разделить квадрат нового диаметра окна на 4 в квадрате (16) и результат умножить на толщину по графику. Например, окно диаметром 8 дюймов (ок. 20 см) будет иметь толщину, превышающую толщину, даваемую графиком, в $8^2/16$, т.е. в 4 раза. На глубине 100 футов (30 м) это составит для стекла около 0,6 дюйм а (ок. 1,5 см). Обратите внимание на то, что пластмасса, обладая прочностью стекла, искривляется быстрее. (Примите к сведению, что эти кривые рассчитаны для окон со свободно поддерживаемыми краями. Окна с зажатými краями могут быть несколько толще при условии, что зажимание произведено правильно)

На рис. 32 показаны результаты простого расчета для окна бокса при применении различных материалов. Обратите внимание на то, что в данном случае нас должно интересовать не столько допустимое напряжение, сколько величина прогиба. Тонкое пластмассовое окно может выдержать большое давление воды, но вызовет искажение оптического, а тем самым и фотографического изображения.

Вышеприведенные формулы помогут получать приблизительные данные, необходимые при конструировании водонепроницаемых боксов для глубоководного фотографирования. Читатель должен помнить, что во всякой сварной или литой оболочке будут иметь место концентрации напряжений, и поэтому нужно обеспечивать достаточно большой запас прочности. При конструировании боксов для мелководной съемки можно пользоваться графиком рис. 32 для выбора правильной толщины окна, обеспечивающей прочность его на данной глубине. В табл. I перечислены некоторые материалы, наиболее часто применяемые при изготовлении водонепроницаемых боксов для подводных камер.

В тех случаях, когда напряжение при сжатии не дано, можно в качестве приемлемого приближения считать, что прочность на растяжение и прочность на сжатие равны.

В качестве дополнения к главе о водонепроницаемых оболочках для камер ниже приводится статья Дэвида М. Оуэна из Вудс-Хоулского океанографического института.

Д. М. Оуэн принимал участие почти во всех работах по подводному фотографированию, производившихся Вудс-Хоулским океанографическим институтом. Некоторые из его снимков широко публиковались в технических журналах, в журнале «Лайф» и в других периодических изданиях. Мы чрезвычайно благодарны за предоставленную нам возможность поместить в нашей книге эти интересные и полезные данные по глубоководному фотографированию и уверены, что все подводные фотографы сочтут сведения, содержащиеся в этой статье, весьма для себя ценными.

Таблица I

Прочность материалов

Материал	Прочность на растяжение	Прочность на сжатие	Модуль упругости E	Коэффициент Пуассона μ	Ссылка на Библиографию
Стекло (обычное)	700 кг/см ² (наибольшее значение)	3500 кг/см ² (наибольшее значение)	0,7x10 ⁹ кг/см ²	0,25	VII,5
Прозрачный бакелит (BT-616890)	1190 кг /см ² (наибольшее значение)	—	0,04305 X 10 ⁹ кг/см ²	0,615	VII, 2
Фенолит	749 кг/см ² (наибольшее значение)	—	0,03675 X 10 ⁹ кг/см ²	—	VII, 2
Плексиглас 1 а	576,8 кг/см ² (наибольшее значение)	—	0,02445X10 ⁹ кг/см ²	—	VII, 6
Лусит НС-201	130,9 кг/см ² (предел пропорциональности)	—	0,02443 X 10 ⁹ кг/см ²	—	VI 1,6
	689,85 кг/см ² (наибольшее значение)	—			
Серый чугун	124,6 кг/см ² (предел пропорциональности)	1820 кг/см ² (предел упругости)	1,05x10 ⁹ кг/см ²	0,25	VII, 5
	420 кг/ см ²				
Сталь, прокатанная в холодном состоянии (0,2% углерода)	4200 кг/см ² (наибольшее значение)	4200 кг/см ² (наибольшее значение)	2,065x10 ⁹ кг/см ²	0,287	VI 1,5
Прокатная латунь	1750 кг/см ² (наибольшее значение)	—	1,113X10 ⁹ кг/см ²	0,331	VII.5
Алюминиевая отливка	630 кг/см ² (предел пропорциональности)	—	0,7 10 ⁹ кг/см ²	0,332	VII, 6
Монель-мсталл	3500 кг/см ²	—	1,75X10 ⁹ кг/см ²	0,315	VII,5

ГЛУБОКОВОДНОЕ ФОТОГРАФИРОВАНИЕ В ВУДС-ХОУЛЕ

Д. М. Оуэн

(Вудс-Хоулский океанографический институт. Вудс-Хоул штат Массачусетс),

Введение

Подводное фотографирование в районе Вудс-Хоулского океанографического института может производиться в основном на таких глубинах или в таких условиях, которые практически недоступны для ныряльщиков в автономном снаряжении. Ввиду этого и была сконструирована соответствующая установка автоматического действия для фотографирования в условиях высоких давлений и полного отсутствия естественного освещения.

Упор на глубоководное фотографирование в Вудс-Хоуле объясняется отчасти географическим расположением лаборатории, неблагоприятным для мелководной съемки и экспериментирования, и отчасти тем, что ныряние в автономном снаряжении (о котором идет речь в этой книге) впервые было введено в лаборатории всего три с половиной года назад. В течение последних восьми месяцев в океанографическом институте применяются управляемые ныряльщиками подводные киносъемочные камеры, использованию которых в значительной мере препятствует характерная для местных условий мутность воды. Поскольку техника мелководной съемки рассматривается в других разделах этой книги, данный раздел будет посвящен только опыту работы в области глубоководной съемки, который может принести пользу фотографу-ныряльщику.

Первые эксперименты

Разработкой техники глубоководного фотографирования в Вудс-Хоулском океанографическом институте первыми занимались во время второй мировой войны Юинг, Вайн и Уорцел¹, а с 1947 г. эту работу продолжил автор настоящей статьи*. Вплоть до послед-

* Цифра у слова означает ссылку на источник в конце статьи. — *Прим. перев.*

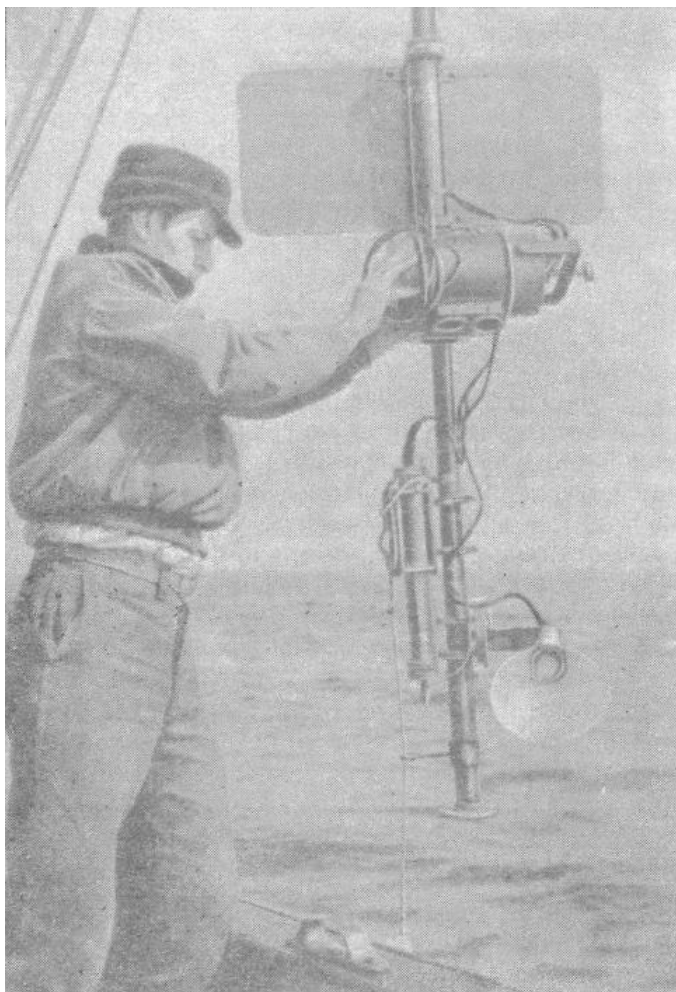


Рис. 33 Д.М. Оуэн и автоматическая установка со стереоскопической фотокамерой для глубоководного фотографирования. Обратите внимание на направляющее крыло, предупреждающее вращение установки, и тормозной груз, висящий внизу (для спуска затвора фотокамеры). (Снимок предоставлен Джвидом Оужном, Вудс-Хоулский океанографический институт)

них лет нами в основном использовались подводные установки «Робот II» Юинга с предельной глубиной погружения 180 м и видоизмененные модели установки «Аргофлекс», позволившие группе Юинга опознать много затонувших у восточного побережья США судов и одну подорванную германскую подводную лодку, а также изучить возможности применения глубоководного фотографирования для океанографических исследований. Возросшее значение глубоководного фотографирования как средства исследования различных геологических и биологических вопросов океанографии требует непрерывного усовершенствования аппаратуры и техники фотографирования.

Автор выражает свою признательность Л. Д. Хоудли, инженеру по исследовательской работе Вудс-Хоулского океанографического института, за квалифицированную техническую помощь, которую он оказывал автору с 1948 г, при конструировании и постройке различных установок для подводного фотографирования. Читателям, которые хотят более детально ознакомиться с отдельными элементами установок для глубоководного фотографирования, я могу порекомендовать следующую статью: Эджергон Г. И. и Хоудли Л. Д., Камеры и осветительные приборы для подводной съемки, *Journ. Soc. Motion Picture and Television Eng.*, 64, 345-350, 1955.

Аппаратура

А. Установка со стереоскопической камерой, предназначенная для однократного фотографирования под водой².

Испытания, проведенные с двумя спаренными подводными камерами, показали преимущества стереоскопического видения при рассматривают снимков необычного для нас подводного мира³, но было решено, что при современных требованиях более надежные результаты могут быть получены с помощью истинно стереоскопической камеры при условии обеспечения относительно небольших расстояний до объекта съемки.

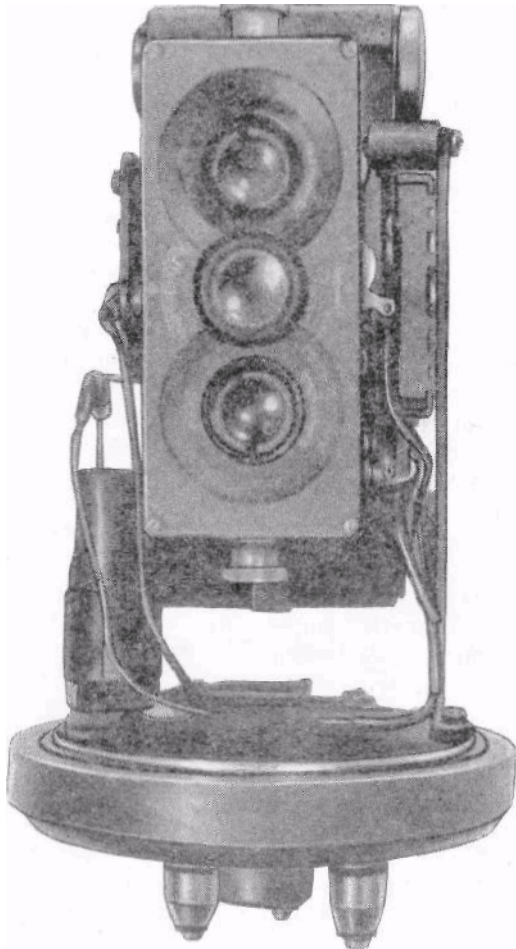


Рис. 34. Стереоскопическая фотокамера «Роллейдоскоп» описанная в статье Д. М. Оуэна. (Снимок предоставлен Дэвидом Оуэном, Вудс-Хоулский океанографический институт)

Для установки подводного фотографирования была выбрана «устаревшая» немецкая фотокамера «Роллейдоскоп» {рис. 33}, так как она имеет относительно большой формат снимка (два кадра 6×6 см), передающий больше деталей, и позволяет осуществлять спуск затвора с помощью соленоида промышленного производства. Спусковая кнопка затвора этой камеры приводится в действие без большого усилия. В затвор камеры был вмонтирован нулевой синхроконттакт (синхроконттакт без упреждения), что позволяет применять либо лампу-вспышку типа SM с выдержками до $1/100$ сек., либо электронную импульсную лампу при любой скорости затвора. Установки океанографического института оснащены заслонками, исключающими возможность образования вуали от паразитной засветки на небольших глубинах.

На рис. 34 показана стереоскопическая камера установки для подводного фотографирования, снабженной лампой-вспышкой в водонепроницаемом осветителе. Вес установки около 50 кг, что требует применения лебедки для ее спуска и подъема. Источник света обычно располагают в установке как можно ближе ко дну, для того чтобы уменьшить рассеянное отражение света взвешенными в воде частицами и обеспечить выявление рельефа поверхности дна на снимке. Направляющее крыло в верхней части установки служит для предупреждения вращения установки во время ее спуска. Такое вращение может происходить от раскручивания троса (в океанографическом институте для спуска и подъема установки применяется трос диаметром 4 мм) или от скручивающего усилия, создаваемого такими частями установки, как рефлектор лампы-вспышки. Разумеется, при использовании электронной импульсной лампы в таких мерах нет надобности.

Установка с камерой «Роллейдоскоп» делает только один снимок за каждое погружение. Фотографирование производится в тот момент, когда свинцовый тормозной груз, подвешенный на небольшом расстоянии от нижней части вертикальной штанги установки, касается морского дна. При этом находившаяся в сжатом состоянии пружина перемещает подковообразный магнит,

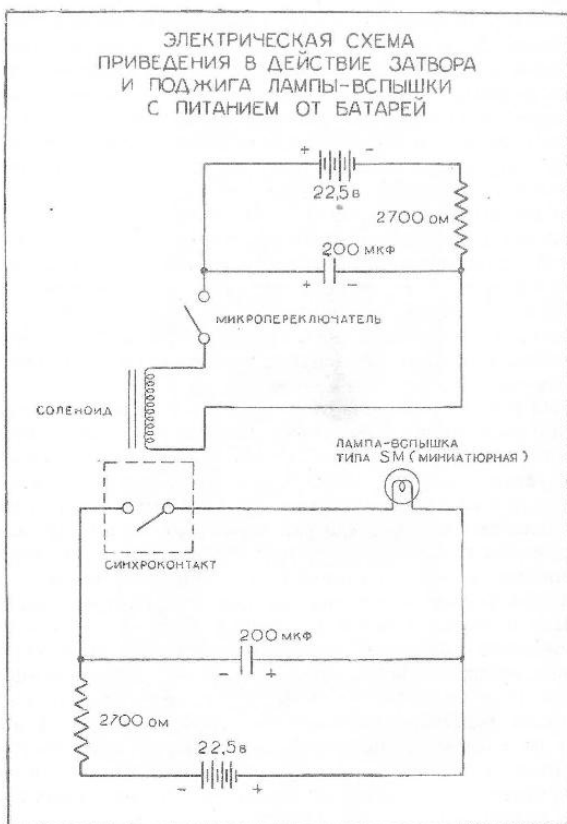


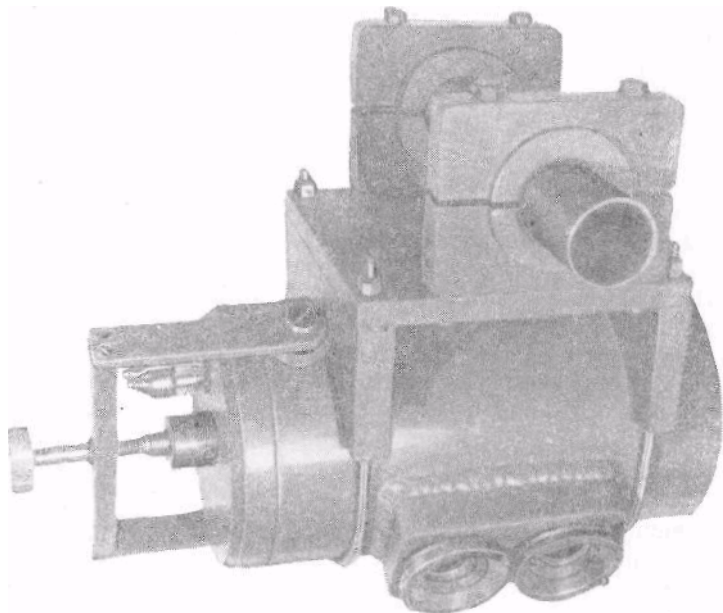
Рис. 35. Типичная схема батарейно-конденсаторного устройства, применяемого Д. М. Оуэном в Вудс-Хоулском океанографическом институте. Нижняя половина схемы представляет собой цепь поджига лампы-вспышки, верхняя часть схемы не используется в подводных камерах, управляемых человеком. Кроме лампы-вспышки типа SM, указанной на схеме, можно пользоваться и другими типами ламп, (Схема предоставлена Давидом Оуэном, Вудс-Хоулский океанографический институт)

который приводит в действие микропереключатель в кожухе батареи (конструкция Юинга). Другой способ замыкания электрической цепи заключается в том, что в момент соприкосновения установки с дном происходит поворот ртутного переключателя.

При замыкании микропереключателя конденсатор, заряженный до напряжения 22,5 в, мгновенно разряжается на соленоид камеры. Для спуска затвора подводной камеры батарейно-конденсаторное устройство более надежно и служит дольше, чем сухая батарея лампы-вспышки. Конденсатор не будет заряжаться до тех пор, пока не произойдет размыкание контактов переключателя (когда установка оторвется от дна); благодаря этому соленоид не будет действовать непрерывно и энергия не будет расходоваться, если установка случайно останется на дне в течение нескольких минут. Поджиг лампы-вспышки осуществляется вторым батарейно-конденсаторным устройством, подключенным к синхроконтакту и установленным непосредственно на камере «Роллейдоскоп». Электрическая схема устройства поджига лампы-вспышки показана на рис. 35. Вместо лампы-вспышки можно без труда установить электронную импульсную лампу.

Оператор, находящийся на палубе судна и наблюдающий за спуском установки для глубоководного фотографирования, не всегда в состоянии определить момент достижения ею дна океана (обычно для этого прижимают палку к уходящему под воду тросу или наблюдают за поддерживающими пружинами, чтобы обнаружить внезапное уменьшение натяжения троса). Вес размотанного кабеля иногда во много раз превышает вес установки; кроме того, судно может раскачиваться при сильном волнении или мертвой зыби или же морское дно окажется очень мягким. Вследствие дрейфа судна или подводных течений трос может иметь большой угол наклона (производить фотографирование морского дна в Гольфстриме, как известно, очень трудно). По той или иной из перечисленных причин возможно разматывание значительного количества кабеля сверх длины, соответствующей глубине моря под килем судна, согласно показанию эхолота, а отсюда

опасность запутывания и повреждения троса, если излишек его ляжет на дно. Д-р Г. Эджертон пришел к заключению⁴, что при использовании плетеного нейлонового тросика момент соприкосновения установки с дном обнаруживается легко и запутывание тросика невозможно, так как он в воде невесом*.



Р п с. 36. Водонепроницаемый кожух для фотокамеры «Роллей-доскоп. Обратите внимание на то, что крышка кожуха крепится одним болтом — особенность конструкции, присущая всем хорошим водонепроницаемым оболочкам, (Снимок предоставлен Дэвидом Оуэном, Вудс-Хоулский океанографический институт)

На рис. 36 показан способ прикрепления водонепроницаемого кожуха для фотокамеры к стальной трубе. Детали крепления сделаны из алюминиевых плит толщиной 1,9 см. Водонепроницаемый кожух, изготовлен-

*Для точного определения момента касания дна приборами на больших глубинах (5—10 тыс. л) в Институте океанологии АН СССР сконструирован специальный прибор—ультразвуковой индикатор достижения два. — *Ред.*

ный из хромированной стальной цельнотянутой трубы с внутренним диаметром 12,7 см и толщиной стенок 1,27 см, выдержит давлeнные столба воды по крайней мере 4575 м. Труба с обеих сторон закрыта плоскими алюминиевыми дисками толщиной 2,54 см, анодированными для предохранения от коррозии в соленой воде. Одни из этих дисков привинчен наглухо, второй, служащий крышкой, к которой прикреплена фотокамера «Роллейдоскоп», удерживается на своем месте при помощи откидной скобы с болтом, создающий предварительное уплотнение. Подкачка воздуха в кожух не производится.

Стереоскопическая камера «смотрит» через два отдельных круглых окна, закрытых плоскопараллельным стеклом толщиной 2,54 см. Каждое окно опирается на уплотняющее кольцо, но под действием давления стекло приходит в соприкосновение с металлической обоймой. Съёмочный базис камеры, равный базису человеческого зрения, обеспечивает создание впечатления объёмности изображения при расстоянии от объектива до дна 2,4—3,0 м. Поскольку объективы не снабжены насадочными линзами, компенсирующими увеличение фокусного расстояния под водой, они заранее устанавливаются на расстояние, составляющее $\frac{3}{4}$ истинного расстояния до объекта съёмки. Выдержку редко приходится изменять по сравнению с обычной.



Рис. 37. Водонепроницаемая оболочка для лампы-вспышки, рассчитанная для работы на больших глубинах. Стекланная часть оболочки слева представляет собой отстойник карбюратора. (Снимок предоставлен Дэвидом Оуэном, Вудс-Хоулский океанографический институт;

На рис. 37 показана в разобранном виде удачная конструкция водонепроницаемой оболочки для лампы-вспышки. Стекланный колпак представляет собой обычный карбюраторный отстойник с хорошо притер-

тым основанием, установленный на водоупорной смазке или «перматексе» № 2. При тщательной пригонке этого колпака он будет защищать лампу-вспышку при погружении на глубину по крайней мере 5500 м. Часть оболочки с отстойником навинчивается от руки на другую часть с уплотняющим кольцом.

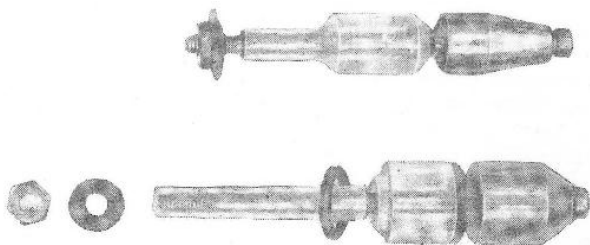


Рис. 38. Контакты цепи поджига лампы-вспышки, описанные в статье Д.М. Оуэна. (Снимок предоставлен Дэвидом Оуэном, Вудс-Хоулским океанографический институт)

На рис. 38 показаны две первые (не подвергшиеся изменению) конструкции «свечей» (контактов) поджига лампы-вспышки. Такая «свеча» состоит из стержня — латунного или нержавеющей стали — с луситовыми изоляторами и шайбами из «формики». Наружные части контактов должны быть изолированы от воды тщательно намотанной резиновой изоляционной лентой или трубками, наподобие того как изолируются концы электрических проводов. Описание сальников и других способов пропуска изолированных проводов сквозь стенки можно найти в специальной литературе.

Б. Автоматические установки с электронной импульсной лампой, предназначенные для многократного фотографирования.

Вполне естественно, что для серьезной исследовательской работы были разработаны установки глубоководного фотографирования, позволяющие производить более одного снимка за время каждого спуска. На рис. 39 дано схематическое изображение первой такой установки, сделанной Вудс-Хоулским океанографическим институтом (если не считать еще более

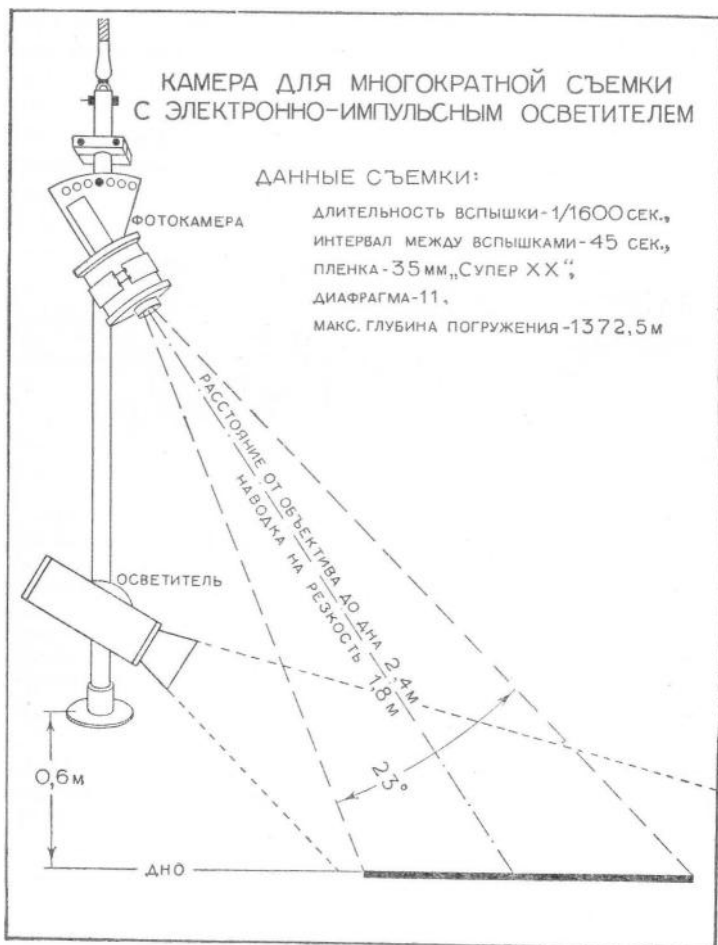
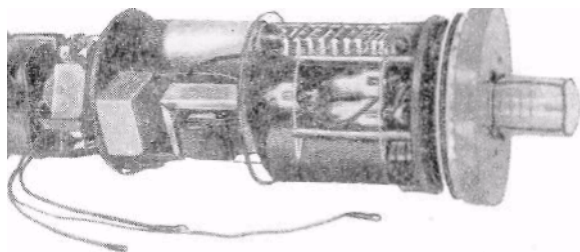


Рис. 39. Схема автоматической установки Юинга, применявшейся в течение последних нескольких лет для фотографирования дна океана на большой глубине. (Схема предоставлена Дэвидом Оуэном, Вудс-Хоулский океанографический институт)

ранних экспериментов Юинга с установкой «Робот II» и несколькими лампами-вспышками). Эта установка (видоизмененный вариант конструкции, которую ранее предложил Э. Н. Харви из Принстонского университета⁵⁾) позволяла производить съемку в течение 4 час. с интервалом между вспышками 45 сек. Это давало возможность оператору получать серию снимков (в средних слоях или на дне океана) при дрейфе судна. В этой установке применена электронная импульсная лампа Эджертон (рис. 40) с питанием от трех жидких элемен-



Р п с. 40. Монтаж частей подводного электронного импульсного прибора. Цилиндрический водонепроницаемый корпус надевается на прибор и крепится через уплотняющее кольцо к передней крышке. Такое расположение частей обычно применяется в приборах, управляемых человеком; импульсная лампа обязательно должна быть защищена либо стеклянным колпаком, как в данном случае, либо стеклянной водонепроницаемой крышкой, закрывающей весь отражатель прибора. (Снимок предоставлен Дэвидом Оуэном, Вудс-Хоулский океанографический институт).

тов «Уиллард» типа ER-6-2B (6 в) в непроливаемых пластмассовых оболочках, обеспечивающих энергию вспышки 200 *вт-с* и зажигание импульсной лампы типа FT-210 фирмы «Дженерал электрик» при потенциале 2200 в

Эта установка недавно заменена усовершенствованной конструкцией Эджертон-Хоудли, снабженной более эффективной (при меньшем числе элементов электронной схемы) электронной импульсной лампой с питанием от сухой батареи. Установка новой конструкции позволяет, кроме того, производить включение света и спуск затвора с поверхности в момент, когда гидроакустический прибор, применяемый в сочетании

с установкой, показывает наличие объекта в поле резко изображаемого пространства вблизи установки, повисшей между поверхностью и дном.

Вудс-Хоулским океанографическим институтом используется еще одна установка для глубоководного фотографирования — конструкции Э. М. Торндайка, видоизмененной Дж. Л. Посгейем. Основные особенности этой установки: очень широкоугольный, рассчитанный на применение под водой объектив*, электронная импульсная лампа, приспособление для включения света и спуска затвора фотокамеры в момент прикосновения штанги ко дну и автоматический перевод пленки (шириной 70 мм)*.

*Для изучения микрорельефа морского дна на больших глубинах в Институте океанологии АН СССР была разработана специальная установка, позволяющая производить фотографирование на любых глубинах океана.

Установка подводного фотографирования типа ПФ-56, сконструированная Н. Л. Зенкевичем, представляет собой вертикальную раму с укреплёнными на ней двумя толстостенными боксами (см. рис. 1).

В верхнем боксе помещается фотокамера, в нижнем — источник света. Бокс с фотокамерой в передней своей части закрыт фланцем с укрепленным в нем иллюминатором из плексигласа толщиной 45 мм.

В качестве камеры используется аппарат ФЭД, без затвора, с объективом Юпитер-3, светосилой 1 : 2 и фокусным расстоянием 5 см. Протяжка пленки производится при помощи миниатюрного электромотора.

Съемка производится на стандартной 35-мм кинопленке типа «В», чувствительностью 150—200 единиц ГОСТ (внутренний вид бокса с вставленной камерой на механизмом протяжки см. на рис. 2).

На переднем фланце бокса с источником освещения установлен полусферический колпак из плексигласа, в котором помещается электронно-импульсная лампа типа ИС-50, работающая от 300-вольтовой батареи ГБ-300 (см. рис. 3). Установка срабатывает в момент касания дна грузом-раз

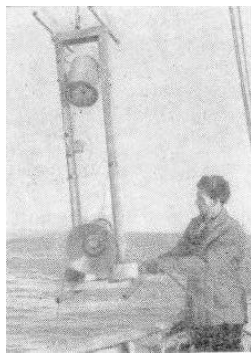


Рис. 1.

Подводимо фотографии

Одной из важных задач глубоководного фотографирования является съемка морских организмов в их естественной среде. Фотографии дна на большой глубине, снятые различными исследователями, с очевидностью показали наличие гораздо более богатой морской фауны, чем можно было заключить по улову, приносимому сетями или драгами. Кроме того, при извлечении организмов на поверхность они часто повреждаются - либо от механического воздействия сети или драги, либо от расширения газов при переходе от условия «нормальных» для них высоких давлений, царящих на больших глубинах, в условия атмосферного давления.

Применяемый в последнее время способ съемок с перемещением установки на дрейфе вместе с судном и получением серии фотографий вдоль выбранного уча-

ведчиком, который управляет ртутным выключателем, укрепленным на раме между обоими боксами. Ртутный выключатель замыкает реле источника света, и происходит вспышка. Затем мотор протягивает только необходимое для одного снимка количество пленки. Следующий снимок можно сделать, приподняв прибор над дном и затем снова опустив его до соприкосновения груза-разведчика.

Установка ПФ-56 позволяет получить серию из 18—20 фо-

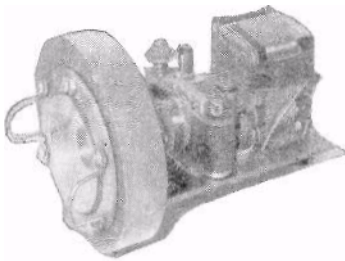


Рис. 2.

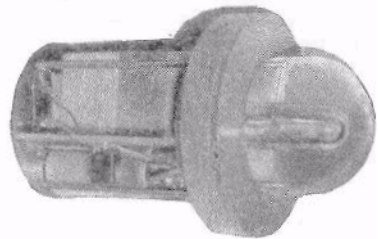


Рис. 3.

тографий без подъема прибора на борт корабля. При съемке с высоты 2 м под углом 45° фотографируется площадь приблизительно $2,5 \text{ м}^2$.

Применение широкоугольного объектива Юпитер-12 позволяет получить большую площадь. Этой камерой удалось получить снимки морского дна во впадине Кермадек с глубины 9900 м - Ред

стка дна океана (находящийся еще в стадии предварительной разработки) имеет большое значение как для биологов, так и для геологов. Образцы и колонки грунта со дна показывают в лучшем случае лишь незначительную часть поперечного разреза донных отложений и не могут создать полного представления о действительном характере поверхности дна.

Следует особо указать на то, что установки для подводного фотографирования, висящие между поверхностью и дном, снимают «вслепую» (за исключением тех случаев, когда они применяются в сочетании с подводным телевидением). Естественно, что оператор с нетерпением ждет результатов и иногда торопится проявить пленку, что зачастую представляет нелегкую задачу, если учесть, что делается это на борту судна во время качки, в жаркой, тесной и нередко малоприспособленной лаборатории. Можно многое сказать в пользу проявления заснятых пленок на берегу или во время стоянки судна — в случае непродолжительного плавания — при условии, что оператор в достаточной мере уверен, что обработанная пленка не будет состоять из пустых кадров в результате каких-либо технических неполадок (их не всегда легко распознать при этом виде подводного фотографирования).

Автор этой статьи никогда не применял цветную пленку при глубоководном фотографировании, отчасти из-за трудностей обработки и нежелания идти на риск получения плохого снимка, принимая во внимание ограниченное время и большую стоимость каждого часа использования судна, отчасти из-за неровного и недостаточного для цветной съемки освещения, а также из-за того, что более чувствительная черно-белая пленка обеспечивает более желательные глубину резкости и интервал плотностей.

Разные подводные фотографы применяют и рекомендуют различные сочетания пленки, проявителя и коэффициента контрастности. Автор остановил свой выбор на пленке «Истмен Кодак Три Х» и проявителе «Пантермик-777» (мелкозернистый, не уменьшающий чувствительности эмульсии), практикуя перепроявление пленки на 10—20%. При этом, по его мнению, полу-

чаются более выровненные негативы, что означает лучшую проработку и простую технику печати, не требующую особых ухищрений.



Рис. 41. Дупледусы, обнаруженные Д. Оуэном на глубине 150 м с помощью автоматической установки. Обычно дупледусов ловят на удочку в очень мелких местах над скалами. Фотокамера «Аргофлекс»; расстояние от дна 1,8 м, лампа-вспышка типа SM; пленка «Супер XX»; диафрагма 12,7; $\frac{1}{150}$ сек. (Снимок предоставлен Дэвидом Оуэном, Вудс-Хоулский океанографический институт

ССЫЛКИ НА ИСТОЧНИКИ

1. Ewing, Vine and Worzel, Фотографирование дна океана, J. Opt. Soc. Amer., 36, 307—321, June 1946.

2. Owen, Две глубоководные установки для исследования прибрежных участков и гаваней и фотографирования в средних слоях океана, Tech. Rept. Ref., No. 52—62, Woods Hole Oceanographic Institution, July 1952.

3. Owen. Глубоководное фотографирование и некоторые новейшие применения стереоскопии, *Photogrammetric Engineering*, 17, No. 1, 13—19, March 1951.

4. Cousteau, «Калипсо» исследует морскую пучину, *The National Geographic Magazine*, 119, No. 2, 149— 161i, February 1956.

5. Harvey and Baylor, Глубоководное фотографирование, *Jour. Mar. Res.*, 7, No. 1, 10—16, April 1948.

6. Edgerton and Hadley, Камеры и осветительные приборы для подводной съемки, *Journ. Soc. Motion Picture and Television Eng.*, 64, 345-350, July 1955.

7. Thorndike, Широкоугольный объектив для подводной камеры, *Jour. Opt. Soc. Amer.*, 40, No. 12, 823—824, December 1950.

Глава, IV

ЭКСПОЗИЦИЯ ПРИ ПОДВОДНОЙ СЪЕМКЕ В УСЛОВИЯХ ЕСТЕСТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ

Подводный фотограф, Обремененный водолазным снаряжением, работает в сложной, изменчивой среде, в условиях различных, нередко низких температур, при неустойчивом положении как своем, так и камеры. Поэтому совершенно необходимо, чтобы все подводные фотографы хорошо разбирались в проблемах фотометрии, с которыми им придется сталкиваться при работе в воде естественных водоемов, и умели с затратой минимальных усилий и с максимальной быстротой производить выбор пленки и определение выдержки. Материал, содержащийся в настоящей и следующей за ней главах, излагается в настолько сжатой и практически удобной форме, насколько это оказалось возможным, принимая во внимание накопленный опыт и существующую аппаратуру. В конце каждой главы даются краткие выводы, что позволяет быстро навести нужную справку.

ОТРАЖЕНИЕ И ПРЕЛОМЛЕНИЕ СВЕТА

Будет весьма полезно как можно более точно проследить путь луча света, пересекающего поверхность раздела воздух—вода, проходящего через слой воды той или иной толщины, освещающего объект съемки и попадающего в объектив съемочного аппарата. Начнем с того,

что рассмотрим изменение качества светового пучка на поверхности воды.

На поверхность моря падает не только свет, идущий от солнечного диска, но также и свет, отраженный от облаков, и свет от неба. Таким образом, любой участок поверхности моря освещается светом, идущим из различных направлений, хотя в ясный день большая часть света поступает от диска солнца. При падении светового пучка на поверхность раздела воздух — вода часть его отражается назад в сторону неба, как это определено формулой (2) в гл. I, а остальная часть проникает вниз, в толщу воды. Рассмотрим два крайних случая состояния неба: первый, когда небо безоблачно и ярко светит солнце, и второй, когда небо полностью и равномерно покрыто облаками, так что от всех участков неба на поверхность воды поступает одинаковое количество света. Это значит, что свет от неба будет полностью рассеянным. Опыты, проведенные на море [I, 27], дают кривые, показанные на рис. 42, для обоих случаев. Кривая для состояния неба с ярко светящим солнцем довольно точно определяется формулой (2). По этому графику мы видим, что при высоте солнца над горизонтом от 90° до 50° отраженный свет ярко светящего солнца составляет 3% всего падающего светового потока. По мере уменьшения высоты солнца количество отраженного света возрастает, хотя даже при высоте 10° над горизонтом $3/4$ падающего светового потока проходит через поверхность раздела. В случае сплошной облачности имеет место одинаковая величина отраженного светового потока (8% всего падающего света) независимо от положения солнца на небе.

Пауэлл и Кларк [I, 7] получили, по существу, такие же результаты, пользуясь плавучей вышкой для измерения отраженного и рассеянного света у поверхности океана. Наибольшие потери света вследствие отражения составили в полдень (при самом высоком положении солнца) 12%; измерение велось над струей, оставляемой за кормой быстроходной моторной лодкой. Их данные показали также, что состояние поверхности моря ни в какой мере не влияет на величину отраженного светового потока. Однако было отмечено, что имеющиеся

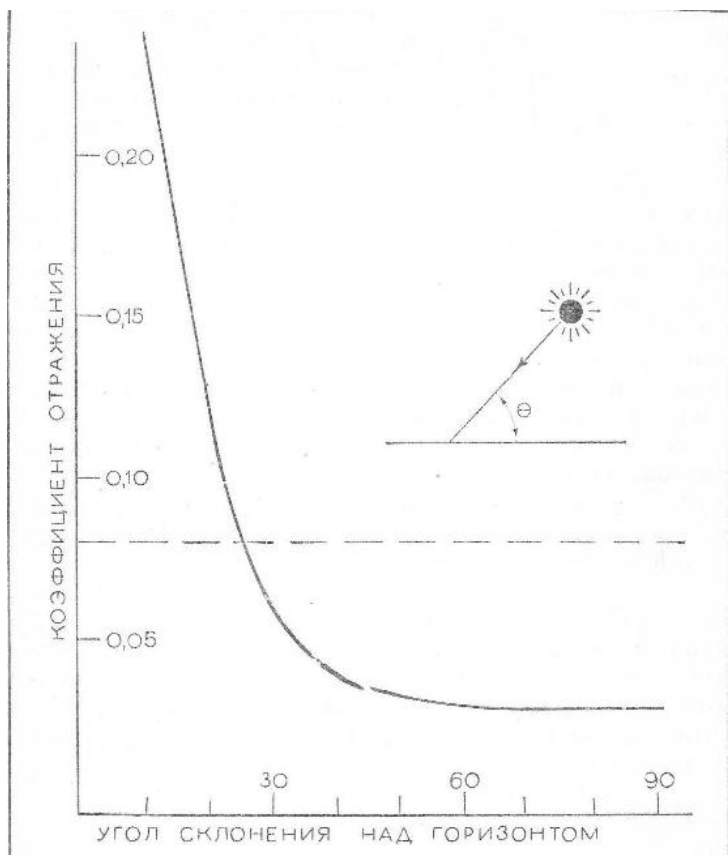


Рис. 42. Графика, показывающая величину отраженного света от поверхности моря в зависимости от высоты солнца над горизонтом. Пунктирная горизонтальная линия показывает постоянную величину отражения света при сплошной облачности (хорошо рассеянный свет)

данные о световых потерях на различных глубинах свидетельствуют о гораздо больших потерях у поверхности, чем те, которые можно было бы отнести только за счет направленного и рассеянного отражения.

Чтобы объяснить это противоречие, Пауэлл и Кларк предположили наличие непосредственно под поверхностью океана относительно непрозрачного слоя воды толщиной от нескольких сантиметров до 1—2 м. Произве



Рис. 43. Дно при естественном освещении представляет обычно заслуживающий внимания объект съемки, особенно в районе Флоридских рифов. Для получения снимка, подобного этому, следует, если только возможно, предпочесть осветительной вспышке естественное освещение. Представьте себе этот снимок с резко освещенным передним планом, и вы поймете причину этого. Пленка «Кодахром»; диафрагма 2,2; 1/100 сек.; расстояние 6 м.

денные измерения подтвердили эту гипотезу, показав, что в ветреные дни, при сильном волнении, от 20 до 30% падающего светового потока теряется в верхнем слое взмученной и наполненной воздушными пузырьками воды толщиной в 1—2 м. Поскольку лишь 3—4% потерь можно объяснить отражением, остальные потери должны быть отнесены за счет поверхностного слоя

воды с нарушенными оптическими свойствами. В дни мертвого штиля это явление не наблюдалось и потери света у поверхности, не превышавшие нескольких процентов, обуславливались направленным и рассеянным отражением от поверхности воды.

Эти сведения весьма полезны для подводного фотографа, так как они показывают, что отражение света от поверхности воды не оказывает влияния на выбор экспозиции под водой, за исключением тех случаев, когда высота солнца над горизонтом очень мала, состояние же поверхности моря может оказывать такое влияние. Таким образом, фотограф, работающий на данной глубине и определивший выдержку с помощью экспонометра, должен иметь в виду, что необходимо определить выдержку заново, если на поверхности изменился ветер или образованный приливом сулой вызвал хаотичное волнение на только что спокойной поверхности моря.

При вхождении светового луча в воду он отклоняется к нормали (как это было объяснено в гл. I). Такое преломление света благоприятно для фотографа, так как это означает, что лучи света от солнца, находящегося невысоко над горизонтом, будут распространяться в воде под менее острым углом к поверхности и, следовательно, будут проходить меньший путь под водой. Пользуясь приведенными в гл. I формулами, можно вычислить расстояние, которое при данной высоте солнца над горизонтом должен пройти луч света, чтобы достигнуть той или иной глубины. При высоте солнца над горизонтом 50° световой луч пройдет 3,6 м, чтобы достигнуть глубины 3 м. При высоте солнца 10° лучи его пройдут 4,5 м, прежде чем достигнуть глубины 3 м. В течение наиболее благоприятного для фотографирования времени дня (с 10 час. утра до 3 час. пополудни)* это явление не имеет значения и лучи света с незначительной ошибкой можно считать вертикальными. На большой глубине, как это отмечено в гл. I, световые лучи идут перпендикулярно сверху вниз.

*Это соответствует промежутку от 11 час.; утра до 4 час. дня декретного времени. — *Прим, перев*

ИЗБИРАТЕЛЬНОЕ ПОГЛОЩЕНИЕ СВЕТА ВОДОЙ

Основное воздействие воды на световой поток заключается в быстром поглощении света по мере проникновения его во все более глубоко лежащие слои воды. Приводимые в литературе [1, 27] таблицы показывают, как происходит уменьшение общей энергии излучения в зависимости от глубины. Первые 30 см воды могут поглотить до 58 % интенсивности падающего света, причем эти потери почти полностью приходятся на инфракрасную (невидимую) часть спектра. Это означает, что инфракрасное фотографирование под водой невозможно, разве только если применить необыкновенно мощные источники света. Кривые на рис. 44 построены по приведенным в литературе данным [1, 27], исходя из допущения, что все световые потери в первых 30 см воды приходятся на невидимую часть спектра и что в нижележащие слои проникает только видимый свет. При этом не учитываются ультрафиолетовые лучи, но в остальном это вполне приемлемое допущение. Из рис. 44 с полной очевидностью явствует одно важное обстоятельство, а именно, большие различия в характере поглощения света водой. Обратите внимание на то, что в «чистой» морской воде на глубине 25 футов (7,5 м) остается 56% интенсивности падающего на поверхность видимого света, тогда как в так называемой «мутной» воде на такой же глубине остается только 2,5%. Это явление полностью подтверждается практикой погружения в малопрозрачную воду гаваней.

В литературе собрано и сопоставлено большое количество данных по поглощению света пресной и соленой водой различных водоемов. В просмотренной литературе все кривые поглощения света водой в основном совпадают с кривыми на рис. 44. Сведения, содержащиеся в одной из статей [1, 6], можно расположить в виде удобной для фотографов табл. II. Эта таблица показывает, какой процент падающего на поверхность воды видимого света проникает на глубину 25 футов (7,5 м) в различных типах водных масс.

Авторы упомянутой статьи [1, 6] Остер и Кларк приходят в основном к таким же выводам, какие пока-

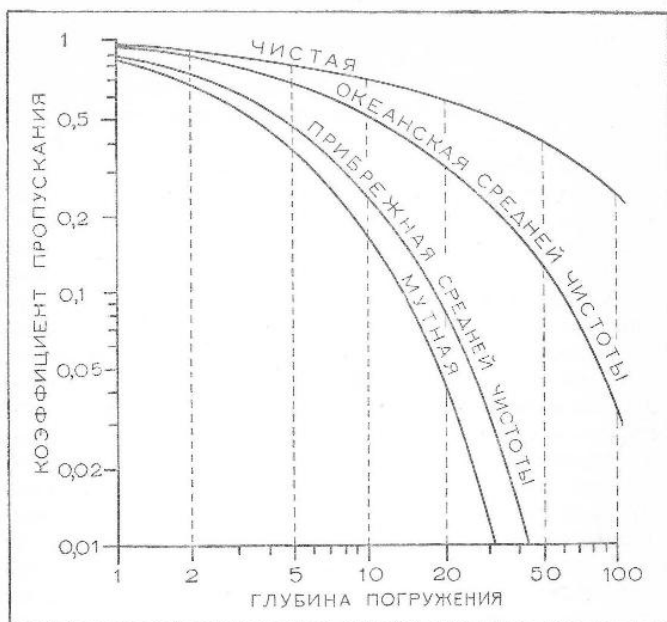


Рис. 44. График, показывающий зависимость пропускаемого светового потока от глубины (в футах). Кривые построены (сверху вниз) для чистой воды, для океанской воды средней чистоты, для прибрежной — средней чистоты и для мутной воды

заны графически на рис. 44. То, что наибольшая величина пропускания прибрежной воды в этой таблице составляет всего около 10% (весьма низкое значение), объясняется тем, что воды у полуострова Кейп-Код обычно гораздо менее прозрачны, чем воды лучших прибрежных районов. По измерениям авторов этой книги, в воде Флоридской отмели при идеальных условиях на глубину 7,5 м проникает примерно 25% падающего на поверхность света. Джонсон [IV, 5] дает для этого района величину пропускания почти 50%. Эту величину следует считать максимальной для прибрежной воды

Таблица II

Географическое положение района	Тип водной массы	Количество света, проникающего на глубину 7,5 м, %
Гольфстрим, Саргассово море.....	океаническая	55
Между Гольфстримом и материковой отмелью.....	»	50
Залив Мэн.....	»	40
Банка остров Джордж.....	»	29
В районе о. Мартас-Вайньярд.....	прибрежная	10
Пролив Вайньярд.....	»	40
Вудс-Хоулская гавань.....	»	2

Однако при наличии на поверхности моря частых высоких волн подводное освещение может быть лучше за счет сфокусированных волнами солнечных лучей, перемещающихся по дну и виде полос большой освещенности. Сфокусированные волнами световые лучи могут, по теоретическим расчетам, давать освещенность, в 8 раз превышающую среднюю освещенность на дне, и способствовать высвечиванию темных скал или углублений. Это явление наблюдается только на глубинах до 6—9 м.

Данные, представленные кривыми на рис. 44 и табл. II, разумеется, не могут заменить собой экспометра. Этот прибор абсолютно необходим для подводного фотографирования. Однако и такого рода данные могут быть полезными, особенно для фотографа, который планирует поездку в район с известной прозрачностью воды. Рассмотрим следующий пример.

Фотограф хочет получить черно-белые снимки в прибрежной воде средней прозрачности. Он хочет снимать с выдержкой $\frac{1}{50}$ сек. объекты крупным планом на глубине 7,5 м (так чтобы общая длина пути света в воде составляла около 7,5 м). Согласно рис. 44, пропускание падающего на поверхность воды света на глубине 7,5 м (25 футов) будет составлять от 5 до 30%. Если взять 15% как возможное среднее значение, то для съемки на пленке «Супер XX» с обычной в ясный солнечный день диафрагмой 11 и выдержкой $\frac{1}{100}$ сек. [VI, 3], нетрудно рассчитать относительное отверстие диафраг-

мы для глубины 7,5 м. Увеличение выдержки с $\frac{1}{100}$ до $\frac{1}{50}$ сек. повысит освещенность кадра на пленке вдвое, а открытие диафрагмы примерно до значения 5,6 повысит эту освещенность еще почти в 3,8 раза. Перемножив оба числа, получим общее увеличение освещенности кадра на пленки в 7,6 раза, что достаточно для компенсации ослабления интенсивности света водой до 15%.

Из этого расчета, особенно если принять во внимание возможные неточности, вовсе не следует, что достаточно иметь объектив с относительным отверстием 1 : 5,6,— съемочный аппарат должен быть снабжен более светосильным объективом, возможно, 1 : 3,5. Кроме того, для получения лучшего качества снимков может потребоваться применение светофильтров с кратностью 2 и больше.

К сожалению, значительное ослабление интенсивности света вследствие поглощения — не единственный требующий рассмотрения фактор, необходимо еще учитывать, что лучи разного цвета поглощаются водой в различной степени. Красные лучи поглощаются очень сильно, желтые и зеленые слабее. Синий конец спектра может поглощаться в большей или меньшей степени в зависимости от характера воды. Это явление, имеющее немаловажное значение для подводных фотографов, мы рассмотрим несколько более подробно.

В связи с тем, что спектральный состав света под водой и на поверхности неодинаков, экспонетрирование и определение кратности светофильтра под водой могут представить значительную трудность. Обычно при градуировании экспонометра за основу берут свет, отраженный от серой таблицы (с коэффициентом отражения 18%) в полдень при безоблачном небе. Серой таблице примерно соответствует кожа человека, например тыльная сторона кисти или голая спина. Под водой остаются только сине-зеленые лучи — необычная смесь цветов для экспонометра, градуированного при нормальном солнечном свете. Для изопанхроматической пленки показание экспонометра при таких условиях может быть вполне приемлемым, если только прибор рассчитан на измерение всей видимой части спектра

примерно с той же чувствительностью, какую имеет пленка.

Не следует забывать, что экспонометр может давать неверные показания вследствие необычного спектраль-



Рис. 45. Большой *merou* (разновидность морского судака), загарпуненный известным французским подводным охотником Бернаром Горским. Снимок сделан при ярком солнечном свете на Лазурном берегу аппаратом «Роллейфлекс», заключенным в водонепроницаемый бокс «Ондифот». Пленка «Супер XX»; диафрагма 8; $\frac{1}{100}$ сек. (Снимок «Бушер-Адеп»)

ного распределения энергии излучения под водой, поэтому рекомендуется производить пробные снимки или же снимать каждый объект несколько раз с разными относительными отверстиями в ту и другую сторону от показания экспонометра. Опыт применения экспонометра скоро покажет нам, какие поправки необходимо вносить в его показания в условиях подводной съемки. В незнакомом районе для начала пользуйтесь экспозиционным индексом для съемки на данной пленке при естественном освещении и показанием экспонометра, полученным на глубине съемки по голой спине товарища.

Нарушение баланса цветных лучей под водой вызывает затруднения и с кратностью светофильтров. Кратностью светофильтра называется число, показывающее, во сколько раз необходимо увеличить выдержку, чтобы точно компенсировать ослабление света, обусловленное поглощением светофильтра. Кратность каждого светофильтра обычно указывается изготовителем и, как правило, приводится в виде обратной величины общего пропускания светофильтра для белого света. При применении светофильтра под водой этой указываемой изготовителем кратностью большей частью пользоваться нельзя.

Возьмем, например, светофильтр G («Реттен»), который пропускает лучи желто-красной зоны спектра и поглощает лучи сине-зеленой зоны. Кратность этого светофильтра несколько меньше 2 для белого света, но, если бы мы умножили на это число показание экспонометра, полученное под водой, мы бы недоэкспонировали негатив. Экспонометр показывает общую интенсивность света, большая часть которой приходится на синюю зону спектра, а светофильтр G не пропускает лучей этой зоны, так что значительная доля интенсивности лучей, которые «видит» экспонометр, поглощается.

На большой глубине кратность этого светофильтра может достигать до 10 и более. Единственный практически осуществимый способ определить выдержку при съемке с таким светофильтром, исключая действие сине-зеленых лучей,— это достать светофильтр прямоугольной формы и производить измерения, закрыв

этим светофильтром световое окно экспонометра. Хотя показания при этом и не будут абсолютно точными вследствие изменения чувствительности прибора в зависимости от длины волны, практически они вполне приемлемы.

К счастью, рассматриваемые ниже обычные светофильтры, применяемые для цветовой коррекции при съемке под водой, поглощают только часть лучей синезеленой зоны спектра, не исключая их действия, а лишь ослабляя их интенсивность примерно до уровня интенсивности красно-желтых лучей. Поскольку большая часть энергии, измеряемой экспонометром, приходится на синезеленую зону, указанные изготовителем кратности этих светофильтров будут достаточно точными. Другими словами, если компенсационный светофильтр ослабляет интенсивность всего видимого спектра, кроме красных лучей, наполовину, то выдержку, определенную с помощью экспонометра, следует увеличить в 2 раза (кратность светофильтра).

ЦВЕТОВАЯ КОРРЕКЦИЯ

Многие подводные фотографы отмечали, что на глубине 9—12 м, несмотря на отсутствие красных лучей, рыбы и вся донная фауна обнаруживают замечательную гамму желтых, синих, ярко-зеленых красок и множество промежуточных цветовых тонов. Они полагали, что цветная пленка, на которой они снимают, запечатлеет все это богатое многообразие цветов, но видели затем на готовом снимке только расплывчатую синезеленую дымку и ни одного другого оттенка. Трудно найти какое-либо удовлетворительное объяснение этому визуальному эффекту. Очевидно, глаз и мозг могут отбирать или «отфильтровывать» цветовые тона гораздо более действенно, чем съемочный аппарат или пленка. Приходится предположить, что хотя в прибрежной воде в спектральном составе света преобладают зеленые лучи (что характерно для рассеянного фонового света), глазом и мозгом эти зеленые (или синие в очень прозрачной воде) лучи частично игнорируются, так что четко проявляются другие цвета.

Цветные снимки самого последнего времени имеют вид черно-белых отпечатков, тонированных в зеленый цвет; в них не обнаружить ни одного другого цвета. Для получения хороших цветных снимков под водой необходимо применять светофильтр.

На вопрос, какие светофильтры позволят получить наилучшие результаты, дает ответ ознакомление с данными океанографических исследований прозрачности воды. По широте охвата материала, пожалуй, наиболее полной является работа [I, 27] (см. библиогр.), содержащая целый ряд кривых, построенных для различных «типов» воды.

Очень важно также то, что все измерения, лежащие в основе этих кривых, производились в море. Кларк и Джеймс [I, 8] показали, что лабораторные измерения образцов морской воды не дают столь правильных результатов, как измерения, проведенные в открытом море. Это объясняется быстрым изменением и гибелью содержащихся в воде естественных водоемов мельчайших живых организмов во время транспортировки образцов воды с моря в лабораторию на берегу. Поэтому не следует полностью полагаться ни на какой лабораторный анализ прозрачности воды, за исключением анализа чистой воды, не содержащей биологических частиц.

На рис. 46 показано, как поглощается видимый свет по прохождении трехметрового слоя воды различных типов. Обратите внимание на две закономерности. Менее прозрачная, прибрежная вода резко ослабляет общую интенсивность светового потока, как это уже указывалось выше, и все типы воды нарушают баланс цветных лучей падающего на поверхность света, особенно в красно-желтой части спектра. Заметьте также, что малопрозрачная вода имеет тенденцию давать максимум пропускания, который смещается в сторону желтой зоны спектра, по мере того как вода становится более мутной. Авторы установили, что это явление особенно сильно выражено в прибрежных водах Флориды и Новой Англии.

Снимки, сделанные вблизи берега, имеют отчетливый желтый оттенок, тогда как дальше в море, в районе рифов, цвет водяного фона получается более зеленым.

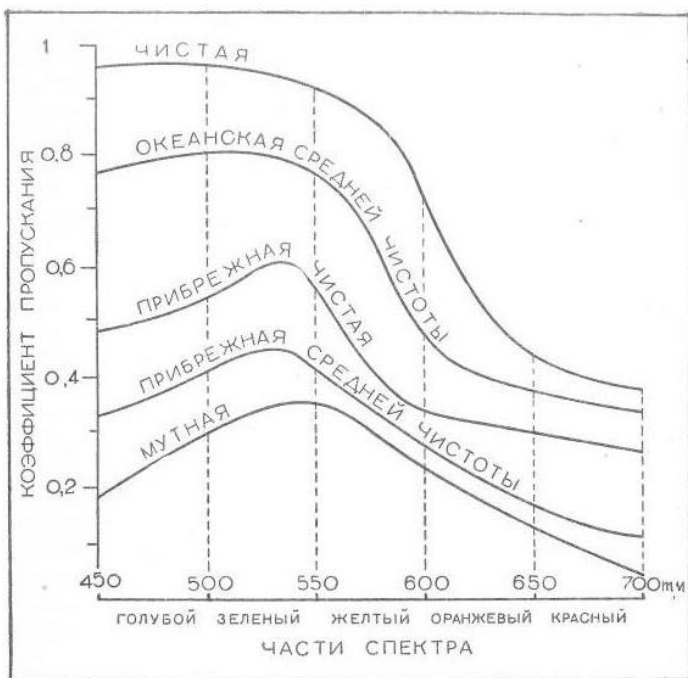


Рис. 46. Кривые пропускания света в зависимости от длины волны для пути света в воде 3 м. Обратите внимание на то, что свет, пропускаемый чистой и океанской водой, будет казаться синеватым, пропускаемый прибрежной водой – зеленоватым и пропускаемый мутной водой – желтоватым

Кроме того, океанская вода не ослабляет в такой степени синий конец спектра, как прибрежная вода.

Кларк и Джеймс [1, 8], объясняя различие между прибрежной и океанской водой, предполагают существование так называемого «желтого вещества», которое не отфильтровывается и всегда в той или иной степени присутствует в прибрежной воде. Анализом не удалось установить природу этого вещества, но его присутствие делает воду аналогичной по действию желтому фильтру.

Важно отметить, что эффект отфильтровывания красных лучей, показанный на всех кривых рис. 46, имеет место всегда, даже в дистиллированной воде. Он никак не связан с растворенными в воде веществами или с планктоном, а обусловлен молекулярной природой самой воды.

Теперь можно ответить на вопрос относительно подходящего набора корректирующих светофильтров для компенсации или уменьшения этого нарушения цветового баланса.

При просмотре литературы по светофильтрам [VI, 13] мы встретили указание на набор светофильтров, кривые поглощения которых весьма точно дополняют кривые, поглощения света водой. Для этого необходимы светофильтры, прозрачные в красной и частично поглощающие в остальной части спектра. Этим требованиям отвечает набор красных корректирующих светофильтров Реттен СС-R (фирмы «Истмен Кодак»).

Как было указано в гл. I, можно определить общую величину пропускания света водой и светофильтром для данной длины волны, умножив величину пропускания света водой на величину пропускания светофильтра. Такое вычисление было проделано по кривым на рис. 46 и по данным фирмы «Кодак» для светофильтров СС-R [VI, 2].

При сравнении кривых пропускания воды (см. рис. 46) с аналогичными кривыми (рис. 47), полученными с добавлением этих светофильтров, видно, что может быть достигнута вполне удовлетворительная коррекция цвета на средних глубинах. Обратите внимание на то, что в некоторых типах водных масс коррекция лучше достигается с помощью светофильтра № 30, в некоторых — с помощью светофильтра № 40 и в некоторых — с помощью светофильтра № 50. Изменение номера светофильтра не соответствует возрастанию мутности воды и, по всей вероятности, случайно.

Хорошие результаты можно получить, просто выбрав тот номер светофильтра, который обеспечивает коррекцию в большинстве типов водных масс, в данном случае № 40. Такое положение вещей объясняется разрозненностью данных по вычислению пропускания света водой в красном конце спектра.

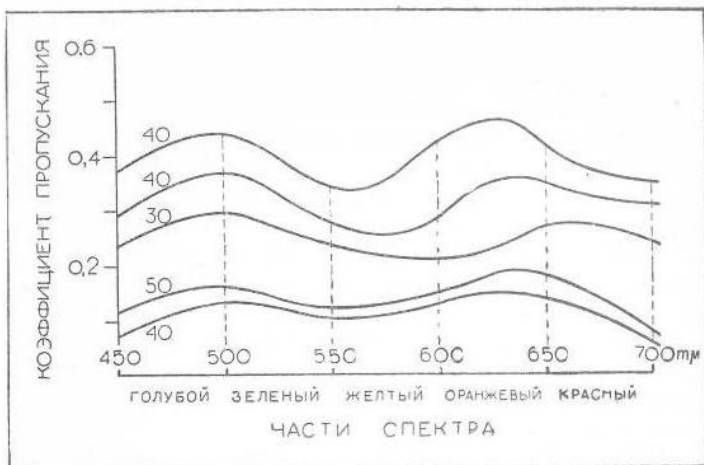


Рис. 47 Кривые пропускания света в зависимости от длины волн для пути света в воде 3 м. Эти кривые построены по кривым рис. 46, скорректированным светофильтрами СС-Р; у каждой кривой указан номер светофильтра*. Кривые относятся к соответствующим типам водной массы (сверху вниз): чистой, океанской средней чистоты, прибрежной чистой, прибрежной средней чистоты и мутной. Обратите внимание на то, что пропускание в правом конце спектра примерно такое же, как и в остальной части видимого спектра. Максимумы в сине-зеленой и оранжевых зонах обусловлены характеристиками светофильтров и не нарушают в заметной степени баланс цветного снимка. При сравнении с кривыми на рис. 46 видно, какого значительно улучшения баланса цветных лучей можно достигнуть с помощью светофильтров СС-Р. Идеальный баланс цветных лучей был бы представлен горизонтальной линией.

К сожалению, поглощение красных лучей в водных массах всех типов настолько резко выражено, что при длине пути света в воде больше 6 м полная коррекция, до получения баланса цветных лучей, имеющего место на поверхности, невозможна. При длине пути света 12 м в прозрачной прибрежной воде просто не остается красных лучей для фотографирования, какой бы плот-

*Подобные светофильтры отечественного производства обозначаются: «НС-1», «НС-2» и т.д. — Ред.

ности корректирующий светофильтр мы ни применили. Поэтому цветные снимки, сделанные при одном только солнечном свете, обычно не передают красок подводного мира такими, какими они были бы при непосредственном освещении белым светом. А подводный мир, даже на глубине 12—15 м, открывает взору ныряльщика необыкновенное богатство нежных цветовых тонов, которые он хотел бы запечатлеть на пленке.

Опыт применения кинопленки «Кодахром» в прибрежных водах Флориды с несомненностью показал, что использование самого плотного светофильтра СС-R в сочетании с соответствующей выдержкой дает цветные изображения, которые обладают правильной цветопередачей и могут иметь даже больший цветовой контраст, чем тот, какой видит глаз.

Поскольку пленка «Кодахром» до некоторой степени увеличивает насыщенность цветов, трудно определить, где кончается действие пленки и начинается действие светофильтров. Применение пленки «Кодахром» без светофильтров ни разу не давало хороших результатов. Изображения неизменно получаются однотонного желто-зеленого цвета, а объекты, четкость которых невозможна без цветового контраста, растворяются в дымке, образуемой фоновым светом.

Из всего сказанного выше читателю должно быть ясно, что под термином «цветовая коррекция» могут пониматься различные вещи. Абсолютная цветовая коррекция может означать либо воспроизведение цветов подводного мира такими, какими они были бы при освещении белым или солнечным светом, либо воспроизведение этих цветов такими, какими их видит ныряльщик. Это два «идеальных случая».

Если качество цветопередачи не выходит за пределы этих рамок, мы можем считать снимок удачным, изображение будет при этом интересным и нередко превосходным. Но если полученное изображение имеет менее насыщенные цвета, чем те, которые видит ныряльщик, снимок следует признать неудачным. Такая приблизительная оценка качества снимка, разумеется, неприемлема при биологических исследованиях, когда пигментация снимаемого объекта должна быть зафиксирована

с максимальной точностью. В этом случае фотограф, вероятно, будет стараться запечатлеть цвет таким, каким бы он был при полуденном солнечном свете. Это потребует тщательной коррекции светофильтрами при съемке на мелководье и применения осветительной вспышки на больших глубинах; последнее будет рассмотрено в следующей главе.

В случае средних типов водных масс, вроде тех, какие представлены кривыми на рис. 46, серия построенных для различных глубин графиков, таких, как приведены на рис. 47, показывает, что на очень малых глубинах грубая коррекция, примерно до достижения баланса цветных лучей на поверхности, может быть осуществлена применением одного и того же светофильтра для всех этих типов водных масс.

Степень коррекции светофильтрами обычно определяется светосилой применяемого объектива, так как при цветных съемках пользуются пленкой малой чувствительности и происходит двойное ослабление света, обусловленное водой и светофильтром. Результаты таких расчетов представлены в табл. III. Ниже приведены два примера на определение выдержки.

Пример 1. Фотограф снимает на пленке «Кодахром» на глубине 2,4 м объект на расстоянии 0,6 м от камеры. Экспозометр на глубине съемки показывает 1 : 3,5 при $\frac{1}{100}$ сек. Для такой длины пути света табл. III дает светофильтр СС-30-R или СС-40-R. Со светофильтром СС-30-R выдержка должна быть меньше в 1,8 раза, т. е. около $\frac{1}{60}$ сек. Со светофильтром СС-40-R — около $\frac{1}{50}$ сек.

Пример 2. Оператор снимает на глубине 12 м на цветной кинопленке с частотой 16 кадр/сек объект на расстоянии 1,5 м от камеры. Цветовая коррекция до достижения баланса цветных лучей на поверхности на этой глубине невозможна. Экспозометр на этой глубине показывает 1 : 2,7 для частоты 16 кадр/сек (около $\frac{1}{40}$ сек). Максимальное относительное отверстие объектива камеры 1 : 2, так что еще можно применять светофильтр с кратностью, несколько меньшей 2. Из табл. III узнаем, что наиболее плотный из светофильтров СС-R, который может быть применен, — СС-30-R. Это обеспечит при-

Таблица III

Общая длина пути света в воде (D). Расстояние от объекта до камеры на глубине съемки (см. рис. 53)	Светофильтр	Кратность светофильтра (см. библиогр. VII, 2)	Степень коррекции
0,3 м	CC-05-R	1,2	Примерно до баланса цветных лучей на поверхности
0,6 м	CC-10-R	1,3	» »
1,5 м	CC-20-R	1,55	» »
3 м	CC-30-R или CC-40-R	1,8 2,1	» » » »
6 м	CC-50-R или два CC-40-R	2,5 4,5	» » » »
9 м и больше	Как можно более плотный CC-R (по крайней мере CC-30-R)	-	Отсутствие красных лучей

емлемую коррекцию с получением цветов, аналогичных тем, какие ныряльщик видит на такой глубине.

Эти два примера наряду с табл. III позволят читателю пользоваться названным набором светофильтров для цветовой коррекции почти при любых условиях, с которыми ему придется столкнуться. Если он захочет производить коррекцию на глубинах от нуля до 7,5 м, добываясь не обычного баланса цветных лучей на поверхности, а таких красок, какие видит ныряльщик, ему надо будет брать меньший номер светофильтра (в 2 и более раз), и снимки его будут почти точно воспроизводить цвета объектов, какими он их видел под водой во время съемки.

Табл. III обеспечит получение хороших результатов при работе в средних типах водных масс, океанских или прибрежных, однако для работы в мутных водах прибойной зоны и в озерных водах с необычным загрязнением частицами биологического происхождения по-

требуется более тщательная разработки исходных данных, Например Остер и Кларк [I, 6] показали, что в Вудс-Хоулской гавани синие лучи спектра среднего дневного света поглощаются в такой же степени, как и красные. Халберт [1, 10] описывает аналогичное явление, основываясь на измерениях в воде Чесапик-

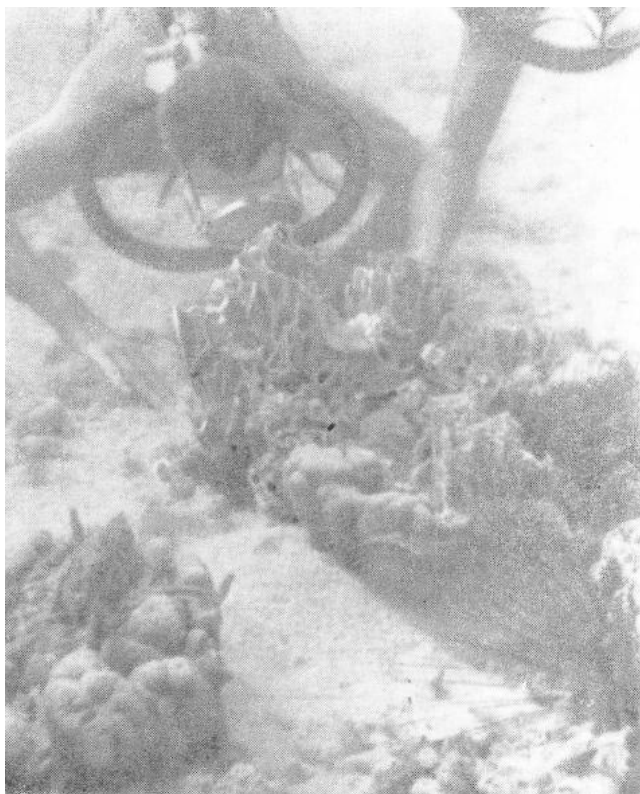
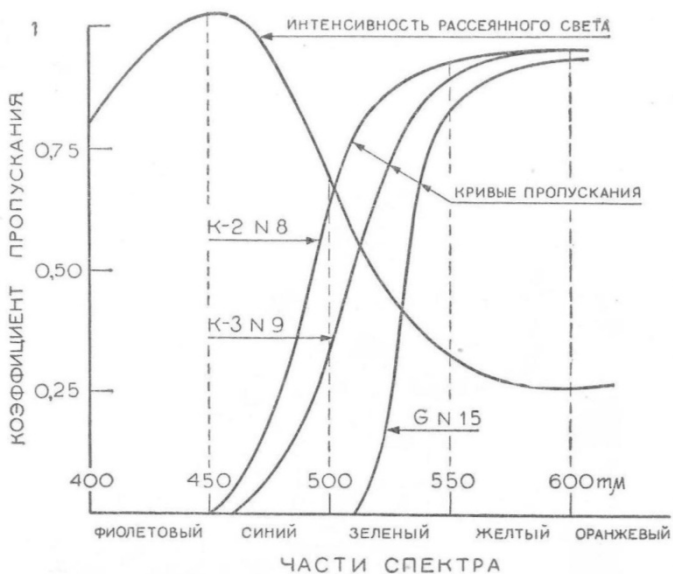


Рис. 48. Деятельность океанографа весьма многогранна. У. Бэском из океанографического института Скриппса сфотографировал двух ныряльщиков на глубина 7,5 м в прибрежных водах островов Вавау (группа островов Тонга). Снимок сделан камерой «Роллейфлекс» на пленке «Плюс X»; диафрагма 5,6; $\frac{1}{100}$ сек (Снимок предоставлен У. Бэскомом, океанографический институт Скриппса)



Р и с. 49. Кривые пропускания различных светофильтров (К-2, К-3 и G) в зависимости от длины волны и кривая интенсивности рассеянного света в зависимости от длины волны. Шкала интенсивности выбрана произвольно от 0 до единицы, для того чтобы показать, как рассеянный свет высокой интенсивности поглощается этими светофильтрами *. Общее количество рассеянного света соответствует общей площади, очерченной кривой рассеяния. Светофильтр G обладает нулевым пропусканием почти во всей зоне рассеяния и пропускает около 20% суммарной интенсивности рассеянного света. Следует иметь в виду, что эта кривая рассеяния — лишь одна из бесконечного множества кривых и она показывает только возможность применения светофильтров. Подобные измерения надо было бы проделать в каждом районе при самых различных условиях, чтобы составить полную картину рассеяния света под водой

* Подобные светофильтры отечественного производства обозначаются: «ЖС-16», «ЖС-17», «ЖС-18». — *Ред.*

ского залива. Вот что пишет Халберт: «Белый диск, рассматриваемый сквозь толщу воды залива через 12-футовую (3,6 м) трубу, кажется желто-зеленым».

Кривая спектрального поглощения этой воды довольно симметрична по обе стороны от участка мак-



Р и с. 50. Подводный охотник с острогой пытается справиться с громадным морским судаком [jewfish] в толще воды между дном и поверхностью. Дж. Гринберг запечатлел эту борьбу на пленке, показав, как надо снимать движущиеся объекты при фотографировании этого самого захватывающего из всех видов спорта. Подробности о выборе выдержки и о технике фотографирования при получении этого снимка см. в гл. VI. (Снимок предоставлен Джерри Гринбергом)

симального пропускания (560 мкм) с одинаковой степенью поглощения в области 430 мкм (сине-фиолетовые лучи) и 700 мкм (темно-красные лучи). Эриксон [1, 4], производивший спектрофотометрические измерения в воде озера Ганфлинт (штат Мичиган), установил, что синий конец спектра поглощается даже в большей сте-

пени, чем красный, а максимум пропускания имеет место в области 580 мкм (желто-оранжевые лучи).

Для такой воды, как эта, вероятно, будет правильнее пользоваться другим набором светофильтров, но, насколько авторам известно, специальных испытаний в этом направлении не проводилось. Такой набор представляют светофильтры СС-М (пурпурные), тоже типа Реттен. Рядовой любитель не может иметь в своем распоряжении подводный спектрофотометр, однако следующий простой способ оценил условий подводного освещения позволит фотографу установить, который из двух упомянутых наборов светофильтров будет лучше. Нужно взять с собой под воду белую дощечку и рассматривать ее на расстоянии вытянутой руки или дальше. Если дощечка будет казаться желтой или желто-зеленой, то это, по всей вероятности, указывает на сильное поглощение синих лучей и надо применять светофильтр, пропускающий и синие и красные лучи (СС-М). Если же дощечка кажется сине-зеленой, следует применять светофильтры СС-Р. При съемке со светофильтрами СС-М можно пользоваться табл. III, как описано выше, только подставив М вместо Р, так как светофильтры М имеют такую же градиацию плотностей, что и светофильтры Р. Кратности светофильтров Р можно употреблять с незначительной поправкой для светофильтров М соответствующих номеров плотности.

Проблема цветовой коррекции под водой полностью еще не разрешена, и предстоит немало интересной работы. Мы надеемся, что многие из читателей настоящей книги будут способствовать успеху этой работы широким экспериментированием в применении различных типов светофильтров.

РАССЕЯНИЕ СВЕТА

Как было показано в гл. I, рассеяние света молекулами воды и взвешенными в воде частицами ограничивает дальность съемки под водой. В относительно прозрачной океанской и прибрежной воде рассеянный свет имеет синюю окраску.

Рассеяние характеризуется формулой Рэля, согласно которой интенсивность рассеянного света обратно пропорциональна четвертой степени длины волны. Свет, рассеянный водой, снижает контраст и делает расплывчатыми контуры рассматриваемых на расстоянии объектов. При черно-белом фотографировании для ослабления синей дымки и придания снимкам четкости обычно применяют светофильтр, исключаяющий действие синих лучей, например типа К или G.

Кривые на рис. 49, взятые из литературы [IV, 5 и VI, 2], показывают, как такой результат может быть достигнут. Разумеется, это возможно только при съемке на черно-белой пленке, так как сильное нарушение баланса цветных лучей, обусловливаемое действием этих светофильтров, погубило бы цветное изображение. Джонсон [IV, 5] предлагает применять также поляризационный светофильтр. По-видимому, при определенных условиях это может дать положительный результат.

В одном из недавних сообщений [I, 35] указывается, что прозрачная морская вода (в данном случае у Бермудских островов) в сильной степени поляризует прямой солнечный свет и пропускает поляризованный свет от неба на глубину до 6—9 м, не изменяя его первоначального состояния поляризации. Рассматриваются два случая: один, когда солнце на горизонте, и второй, когда солнце прямо над головой. Из них только последний случай представляет интерес для большинства подводных фотографов, и мы вкратце изложим некоторые из выводов этого сообщения.

В глаза наблюдателя, смотрящего снизу в сторону поверхности воды так, что он может непосредственно видеть небо, будет попадать свет, поляризованный так же и в той же плоскости, что и свет от неба, видимый над поверхностью воды. Таким образом, можно найти нужное положение поляризационного светофильтра еще на поверхности, глядя сквозь него на небо и поворачивая до получения желательной степени ослабления синих лучей, после чего установить светофильтр на объектив камеры и спуститься под воду.

Когда подводный наблюдатель смотрит в направлении поверхности воды под углом меньше критического

см. рис. 2), он видит свет, идущий от солнца и от неба, преломленный и рассеянный водой. В полдень этот свет будет поляризован в той же плоскости, что и свет от неба на горизонте при положении солнца прямо над головой. Свет, видимый ныряльщиком, глядящим вниз, имеет такой же характер. Таким образом, при съемке в горизонтальном направлении или сверху вниз поляризационный светофильтр можно устанавливать, придерживаясь следующего простого правила.

Перед погружением направьте светофильтр на небо у горизонта и, глядя сквозь него, вращайте его до тех пор, пока не достигнете наибольшего потемнения. Установите правильно ориентированный светофильтр на объектив камеры, держа последнюю в таком положении, в каком она будет находиться при съемке под водой.

Учтите, что это правило применимо только при положении солнца прямо над головой. При положении солнца под некоторым углом к вертикали светофильтр следует брать под воду и вращать его там, направив на снимаемый объект. Надо думать, что в результате дальнейших исследований будет получено эмпирическое правило установки поляризационного светофильтра при положении солнца на небе под любым углом.

На большой глубине и в воде, имеющей заметный синий оттенок, хорошие результаты даст применение светофильтров типа К и G. Светофильтр G плотнее светофильтра К и потребует более светосильного объектива, так как поглощение его больше. При пользовании этими светофильтрами выдержку лучше всего определять, устанавливая светофильтр и на объектив камеры и на экспонометр. В отличие от светофильтров СС кратность светофильтров К и G будет значительно изменяться в зависимости от глубины погружения и типа водной массы, причем эта изменения невозможно вычислить, когда работаешь в море с небольшой шлюпки.

При всем том, что рассеяние света является, пожалуй, одной из самых сложных проблем в подводном фотографировании, трудно сказать о нем больше того, что уже сказано. Рассеяние делает почти невозможными действительно хорошие результаты при подводной съемке с больших расстояний, как бы искусно ни приме-

нялись при этом светофильтры. Для цветной съемки используют обычно корректирующие светофильтры. При соответствующей коррекции цвета и правильном выборе цветной пленки ныряльщик может быть уверен в том, что он получит на снимке примерно такие же краски, какие он видит под водой.

Если объект съемки расплывается в малопрозрачной воде, то надо приближать камеру к нему до тех пор, пока он не будет четко виден. При съемке на цветной пленке цветовая коррекция имеет гораздо более важное значение, чем устранение дымки. В связи с тем, что большинство современных цветных пленок обладает малой чувствительностью, обычно невозможно применить одновременно тот или иной нужный корректирующий светофильтр СС и нейтрально-серый поляризационный светофильтр, разве что на очень малой глубине в самой прозрачной воде. Всегда пользуйтесь корректирующими светофильтрами СС, а устранение дымки производите при черно-белой съемке в тех случаях, когда это бывает необходимо.

Фирма «Фенджен компани» изготавливает светофильтры двух плотностей, обладающие, по утверждению фирмы, характеристиками, аналогичными характеристикам светофильтров СС-R и СС-M, и пригодные для использования в воде средней прозрачности.

Краткие выводы по определению экспозиции при цветной съемке

1. Тщательно исследуйте воду, рассматривая плоскую белую дощечку под водой на расстоянии 1 — 2 м. Постарайтесь установить действительный цвет самой воды.

2. Если она имеет незначительную окраску или преобладает зеленоватый или синеватый оттенок, выберите по табл. III соответствующий светофильтр СС-R в зависимости от длины пути света в воде.

3. Если преобладает желтый оттенок, выберите из табл. III соответствующий светофильтр СС-M, употребляя кратности, указанные для светофильтров СС-R,

4. Для определения выдержки пользуйтесь показанием экспонометра, полученным на глубине съемки, и кратностью светофильтра. Если окажется, что пол-



Рис. 51. Значительных размеров осьминог, убитый у североафриканского побережья. Снимок сделан при ярком солнечном свете фотоаппаратом «Роллейфлекс», заключенным в водонепроницаемый бокс «Ондифот». Пленка «Плюс X»; диафрагма 11; 1/100 сек. (Снимок Жака Гадро)

ного относительного отверстия объектива недостаточно, установите меньшую скорость затвора или же, в самом крайнем случае, возьмите меньший номер светофильтра (менее плотный светофильтр).

5. Для цветной съемки в лучшей по прозрачности прибрежной воде (например, в районе материковой отмели полуострова Флорида летом) необходим объектив с относительным отверстием не меньше $1 : 3,5$. Для 16-мм кинокамеры и для съемки на средних глубинах достаточно относительное отверстие $1 : 2,7$, а объективы $1 : 2$ дадут возможность получать снимки с хорошей цветовой коррекцией на глубинах до 15 м.

6. Снимайте крупным планом. Никогда не пытайтесь снимать на цветные пленки в пасмурный день или когда солнце закрыто облаками, разве что на очень малой глубине в прозрачной воде.

Краткий вывод по определению экспозиции при черно-белой съемке

1. Если дымка на заднем плане имеет синий или сине-зеленый цвет, пользуйтесь светофильтром типа К или G. Если возможно, произведете экспонетрирование снимаемой сцены, прикрыв фотоэлемент экспонометра соответствующим светофильтром; светофильтр G следует применять только при очень сильной дымке.

2. Если светит солнце, то при съемке объектов в средних слоях воды и сцен, фоном для которых служит значительная толща воды, применяйте поляризационный светофильтр.

При съемке снизу по направлению поверхности воды нужно (перед погруженном в воду), держа светофильтр против неба примерно в том же положении, в каком он будет под водой, вращать его до получения наибольшего потемнения. Это будет правильная ориентация светофильтра. При съемке в горизонтальном направлении или в направлении сверху вниз проделайте то же, что было только что сказано, но направив светофильтр на небо у горизонта.

При положении солнца под острым углом к горизонту старайтесь произвести такую проверку под водой с помощью защищенного от действия воды куска поляроида.

3. В очень мутной воде, если достаточно света для съемки, можно попробовать снимать со светофильт-

ром G или с лимонно-желтым светофильтром фирмы «Корнинг».

4. Снимайте на изопанхроматической пленке. Пользуйтесь экспозиционными индексами для съемки при дневном освещении на данной пленке и показанием экспонометра. Если есть возможность, произведите пробные съемки и быстро проявите пленку, чтобы проверить выдержку, влияние дымки и т. д.

Общие замечания

Как уже отмечалось, расстояние до объектов под водой кажется на $\frac{1}{4}$, меньше действительного. Если пользоваться заключенным в водонепроницаемый кожух дальномером, он будет показывать истинное расстояние. Опытный фотограф, хорошо определяющий расстояние на глаз, не будет испытывать каких-либо затруднений. Он оценивает расстояние так, как оно представляется глазу, а это соответствует тому расстоянию, которое «видит» и съемочный аппарат.

Остерегайтесь моментов смены приливов и отливов и изменения течений, которые взмучивают донные осадки и уменьшают видимость. Увлеченный съемкой фотограф может не заметить этого и получить недодержку.

ПРИМЕНЕНИЕ ПОД ВОДОЙ ПРОСТЫХ СЪЕМОЧНЫХ АППАРАТОВ

Возможно, что многие читатели этой книги, собирающиеся начать свои подводные фотоприключения, будут иметь ящичную камеру «Брауни Холидей» или небольшую зеркальную камеру «Брауни», заключенную в водонепроницаемый бокс «Мако» или иной пластмассовый бокс подобного типа. В этом случае невозможно будет воспользоваться почти ничем из того, что сказано в настоящей главе, так как такого рода небольшие фотоаппараты обычно имеют фиксированную фокусировку, неизменную диафрагму и скорость действия затвора, довольно несовершенный видеоискатель и лишены синхронизирующего устройства для лампы-вспышки. Что же делать под водой фотографу с таким аппаратом?

Прежде всего следует указать, что такие фотоаппараты пригодны для использования только при наилучших условиях подводной съемки. С их помощью не получишь снимков у побережья Новой Англии, у побережья Калифорнии (за исключением некоторых мест) и в большинстве озер и рек. Ими можно пользоваться для съемки в хорошо освещенных, чистых бассейнах для плавания, почти по всему побережью Флориды и в районе Карибского моря. Но, даже снимая в теплых тропических водах, фотограф не сможет получать хорошие снимки, если он не проявит изобретательности и не проведет тщательной подготовки. Поскольку при работе с таким аппаратом он не в состоянии изменить ни выдержки, ни диафрагмы, он должен при перемене условий съемки брать пленку другого типа.

Пусть, например, ваш аппарат имеет относительное отверстие около $1 : 8$ и скорость затвора около $\frac{1}{50}$ сек. Объектив его с фиксированной фокусировкой — от 1,5 м до бесконечности. Приложенное к аппарату руководство рекомендует снимать на пленке «Верихром», однако эта пленка совершенно непригодна для съемки под водой,

Из черно-белых пленок весь ваш выбор ограничивается тремя экспозиционными индексами ASA: пленкой «Три X» с индексом 200, новой пленкой «Плюс X» или равноценными ей с индексом 100 и пленкой «Панатомик X» с индексом 25. Из цветных пленок в распоряжении любителя, если он не хочет снимать на пленке «Эктахром», остается только одна пленка — это «Кодаколор» с индексом 25.

Предположим, что условия съемки идеальны: яркое солнце прямо над головой, небольшая глубина, светлое песчаное дно, вода, прозрачная, как кристалл. Справившись в таблицах выдержек, прилагаемых к каждому ролику пленки, находим для «яркого солнца, светлого объекта» при выдержке $\frac{1}{50}$ сек. следующие рекомендуемые диафрагмы: для пленки «Три X» — 45, для пленки «Плюс X» — 22 и для пленки «Панатомик X» — 8. (Заметьте: часто диафрагма дается для выдержки $\frac{1}{100}$ сек. Для пересчета возведите число диафрагмы в квадрат и умножьте на два, если и вы умень-

шаете скорость действия затвора в 2 раза, и затем извлеките квадратный корень. Например, в случае диафрагмы 8 при выдержке $\frac{1}{100}$ сек. получаем; диафрагму 11 при $\frac{1}{50}$ сек., так как 8, возведенное в квадрат,

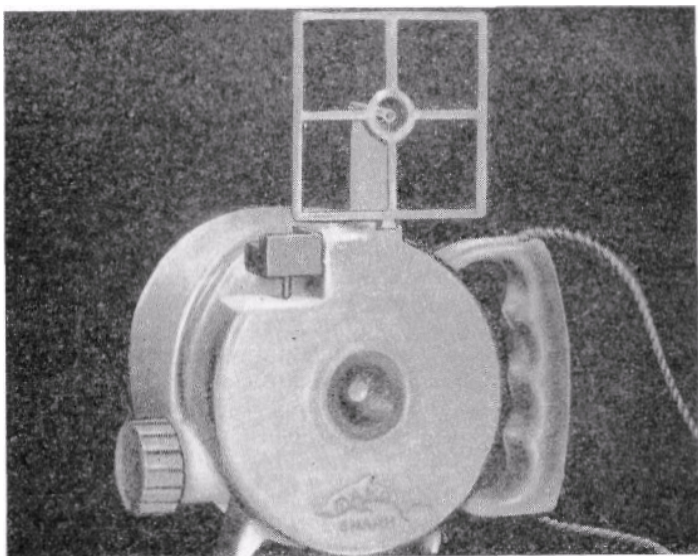


Рис. 52. Подводный аппарат «Шарк», представляющий собой фотокамеру в водонепроницаемом боксе типа «Мако». Стоимость около 30 долл. Его характеристики не отличаются от характеристик зеркальной фотокамеры «Брауни» или фотокамеры «Брауни Холидей». Это идеальный аппарат для начинающего ныряльщика, собирающегося снимать и прозрачных южных водах. Для съемки в водах вокруг США в большинстве случаев требуется несколько более дорогой аппарат

есть 64, умноженное на два, даст 128, корень квадратный из которого несколько больше 11).

Из этих данных следует, что лучше всего было бы снимать на пахроматической пленке, если подводная сцена действительно такая же яркая, как наземные объекты, находящиеся на таком же расстоянии. Вы можете пользоваться этими указаниями по выбору пленки при съемке на небольшой глубине, просто сравнивая под-

водную сцену со сценой на поверхности. Нередко подводный ландшафт и яркий солнечный день напоминает наземный пейзаж в сумрачный день.

Благодаря значительной фотографической широте современных пленок с помощью простых аппаратов можно получать неплохие снимки, конечно, при условии правильного выбора пленки. Даже человек, нерегулярно занимающийся подводной съемкой, поступит неразумно, если станет терзаться от того, что приходится вынимать ролик пленки, который заснят только наполовину. Пленка является наименьшей статьей расхода в подводной фотографии. Проезд к району съемок, плата за прокат шлюпки, покупка легкового снаряжения — по сравнению со всем этим расходы на пленку ничтожны. Поэтому берите с собой побольше пленки всех трех типов и перезаряжайте аппарат всякий раз, когда это кажется целесообразным.

Вследствие кажущегося сокращения расстояния под водой объектив с фиксированной фокусировкой от 1,5 м до бесконечности будет фактически установлен на фокус, начиная с расстояния 1,14 м. Это означает, что вы можете стоять в воде на глубине чуть выше пояса и снимать дно, получая резкие снимки*. Если нужно снимать еще более крупным планом, дешевый фотоаппарат можно снабдить портретной насадкой.

* Сказанное справедливо только в отношении объектива, градуированного с учетом показателя преломления воды. В случае же объектива, предназначенного для съемки в воздушной среде, с фиксированной фокусировкой от 1,5 м, он будет установлен на фокус под водой, начиная с истинного расстояния в 2 м.—Прим, перев.

Глава V

ЭКСПОЗИЦИЯ ПРИ ПОДВОДНОЙ СЪЕМКЕ В УСЛОВИЯХ ИСКУССТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ

Многие из фотографий, помещенных в этой книге, сняты в условиях одного только естественного освещения, и их превосходное качество свидетельствует о том, что при съемке в прозрачной воде и на небольших глубинах в использовании осветительной вспышки нет надобности. Однако многим подводным фотографам приходится работать в воде, прозрачность которой не очень высока, и на глубинах, куда не достигает свет с поверхности. Такие условия съемки чаще всего бывают при научных исследованиях. Для ныряльщика океан — это узкая полоса морского мелководья, опоясывающая континенты по береговой линии, для океанографа же океан простирается от прибрежных отмелей, периодически заливаемых приливами, до Филиппинской впадины глубиной в 11 км. Поэтому оснащение подводной камеры лампой-вспышкой или электронной импульсной лампой заслуживает всяческого внимания со стороны всех серьезных исследователей подводного мира.

Экспозиция при съемке с электронной импульсной лампой в одном отношении отличается от экспозиции при съемке с лампами-вспышками одноразового действия. Вспышка импульсной лампы практически мгновенна, так что для синхронизации вспышки с работой затвора нужно лишь, чтобы затвор фотокамеры был

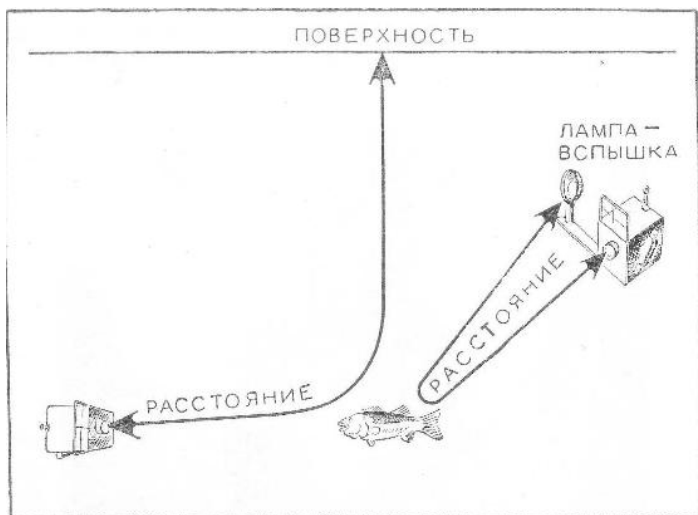


Рис. 53. Схема, показывающая расстояния, учитываемые при выборе светофильтра для цветовой коррекции и при определении ослабления света, излучаемого лампой-вспышкой. В левой части схемы показано расстояние, которое необходимо учитывать при определении номера светофильтра для цветовой коррекции согласно табл. III; оно складывается из расстояния от поверхности до объекта съемки и от объекта до съемочного аппарата. В правой части схемы показан путь световых лучей, который следует учитывать при оценке ослабления света, излучаемого лампой-вспышкой, например, по таким кривым, как на рис. 44. Это расстояние следует также учитывать для выбора светофильтра в соответствии с табл. III при съемке с электронной импульсной лампой или с голубой лампой-вспышкой. Эти расстояния измеряются а не имеют ничего общего с кажущимися сокращенными расстояниями до объектов, обусловливаемыми преломлением света в воде

полностью открыт в момент вспышки. При условии, что это требование выполнено, изменение скорости действия затвора не повлияет на экспозицию. Поэтому экспозиция определяется только величиной отверстия диафрагмы. Правильную величину отверстия диафрагмы находят из ведущего числа, как это описано ниже. Если фотографируемый объект освещается не только вспыш-

кой, но и естественным спектром, последний может также подействовать на пленку. Чтобы не допустить этого, нужно установить более высокую скорость затвора.



Рис. 54. Ныряльщики — превосходный объекты для съемки с применением осветительной вспышки, которая эффектно освещает темные части легководолазного снаряжения и сверкающие пузырьки воздуха. На снимке ныряльщик в противогазовой маске о военно-морского флота типа «Марк III», в которую нагнетается воздух компрессором, установленным на поверхности. Пленка «Кодахром»; электронная импульсная лампа с энергией вспышки 100 *вт-с*; диафрагма 8; светофильтр СС-10-Р

При съемке с лампами-вспышками одноразового действия, которые имеют гораздо большую продолжительность вспышки, дело обстоит иначе, так как при изменении скорости затвора изменяется и величина экспо-

зиции. В этом случае для каждой скорости затвора будет свое ведущее число. Во всем остальном проблемы определения экспозиции при съемке с лампами-вспышками и с электронной импульсной лампой одинаковы и сведения, приводимые и последующих разделах, применимы к обоим случаям,

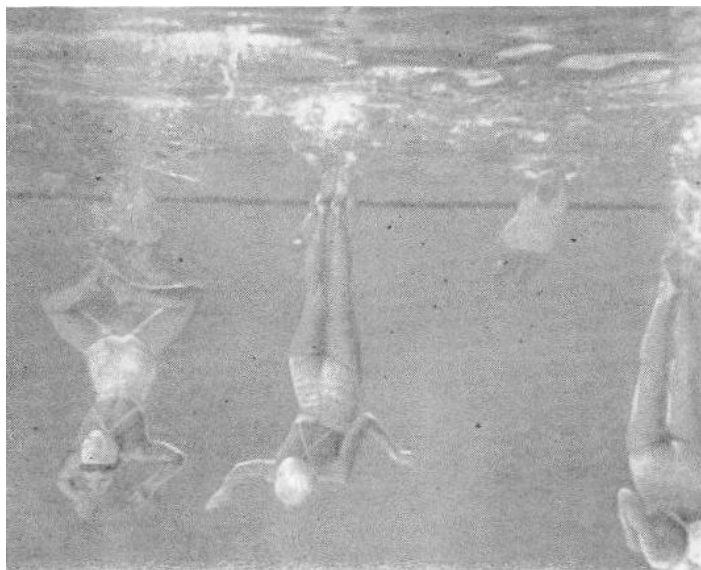
ЧЕРНО-БЕЛАЯ СЪЕМКА С ОСВЕТИТЕЛЬНОЙ ВСПЫШКОЙ

Свойства воды в отношении рассеяния и пропускания света были рассмотрены в предыдущей главе. Кривые пропускания и зависимости от длины пути света (см. рис. 44) могут быть использованы также и при съемке с осветительной вспышкой при условии учета двух обстоятельств. Первое — это то, что длина пути света складывается в данном случае (как показано на рис. 53) из расстояния от лампы-вспышки до объекта съемки и расстояния от объекта до съемочного аппарата. Второе — то, что кривые на рис. 44 рассчитаны для солнечного света, ослабляемого при прохождении через воду.

В случае искусственного освещения спектральный характер источника света может отличаться от спектрального состава солнечного света и поэтому свет этого источника будет поглощаться сильнее или слабее, чем солнечный свет. Эти обстоятельства дают в руки фотографа две дополнительные возможности влиять на качество снимка, используя искусственное освещение: он может помещать источник света в любом желательном месте и может выбирать в определенных пределах спектральный характер света.

Предположим, мы направили свет от лампы-вспышки на рыбу, проплывающую на расстоянии 4,5 фута (1,37 м) в средней прибрежной воде. Вода поглотит (согласно кривым на рис. 44) половину светового потока, который достиг бы объекта на этом же расстоянии в воздухе. Таким образом, если бы ведущее число (произведение числа деления диафрагмы на расстояние), указываемое изготовителем лампы-вспышки или пленки, равнялось 100, то величина отверстия диафрагмы

должна была бы составить $100 : 4,5$, т. е. 22. Но это ведущее число рассчитано для съемки в воздушной среде, а в нашем примере вода поглотила половину интенсивности светового потока, идущего от лампы к объекту, и поглотит еще половину интенсивности светового по-



Р и с, 55. Команда подводных пловцов колледжа Смита в бассейне Массачусетского технологического института. Этот резкий снимок, сделанный Д-ром Эджертоном, показывает, какая степень проработки деталей возможна при съемке с электронной импульсной лампой под водой. Благодаря мгновенной вспышке запечатлен каждый воздушный пузырек. (Снимок из собрания д-ра Гарольда Эджертопа)

тока, идущего обратно, в объектив камеры, в результате чего останется 25% интенсивности света, который прошел бы этот же путь в воздухе. Значит, величина отверстия диафрагмы должна быть 11.

Однако если мы пользуемся стандартной лампой-вспышкой, излучение которой обладает большой интенсивностью в красной зоне спектра, то величины пропускания, взятые из кривых на рис, 44, окажутся слиш-

ком большими, так как красные лучи поглощаются сильнее, и общая интенсивность света лампы будет ослаблена больше чем на 75%. Поэтому надежнее, пожалуй, взять диафрагму 8. Затем нам следует еще учесть влияние на снимок рассеяния света и в случае необходимости установить на объектив светофильтр типа К, чтобы исключить действие синих лучей.

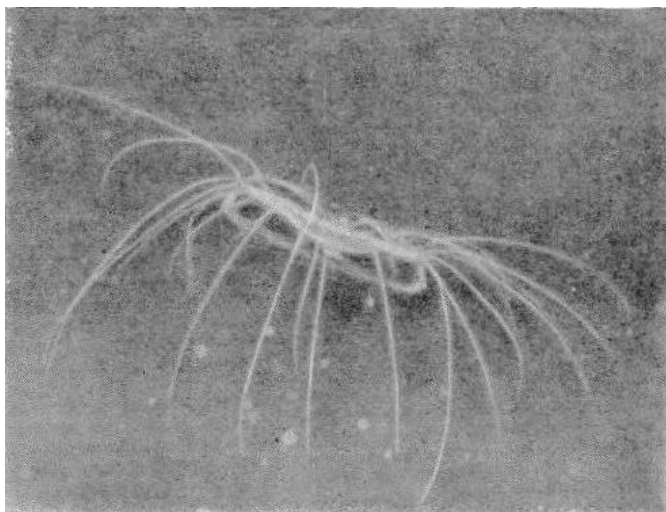


Рис. 56. Интересный снимок, полученный при помощи установки «Бентограф» в средних слоях океана на глубине 1328 м. Отчетливо видно строение тела медузы, и также множество центров рассеяния света в виде маленьких расплывчатых пятен. (Снимок фирмы «Аллеи Хэнкок Фаундейшн»)

Например, кратность светофильтра К-2 для используемой пленки, по данным фирмы, равна 2; но, как упоминалось в предыдущей главе, кратность этого светофильтра будет больше при съемке под водой, где на сине-зеленую зону спектра может приходиться преобладающая часть энергии светового потока. Это можно компенсировать, применив лампы-вспышки, в излучении которых преобладают красные лучи.

Мы подробно рассмотрели пример расчета экспозиции: при съемке под водой и условиях искусственного

освещения, для того чтобы предостеречь от возможных ошибок. Если не учесть всех обстоятельств, то ничего не стоит ошибиться на два деления шкалы диафрагмы. Конечно, неопытный фотограф может сделать только то, что в его силах. Чтобы свести риск к минимуму, он должен со всей тщательностью оценить условия съемки и, произведя расчет, сделать три снимка — один при диафрагме, полученной в результате расчета, второй при диафрагме, увеличенной на два деления, и третий при диафрагме, уменьшенной на два деления шкалы. Поскольку большинство черно-белых пленок вполне допускает ошибку на одно деление шкалы диафрагмы, это обеспечит получение удовлетворительного по качеству снимка.

Рассеяние света при съемке с осветительной вспышкой может причинять еще большие неприятности, чем при съемке в условиях естественного освещения. Свет проходит расстояние между камерой и снимаемым объектом в воде дважды и может отчетливо осветить центры рассеяния. В малопрозрачной воде нередко возникает эффект, аналогичный тому, какой производит свет автомобильных фар в тумане: удаленные объекты окутывает сверкающая дымка. Частично решить проблему можно помещая источник света максимально близко к снимаемому объекту и несколько в стороне от него. Благодаря этому, во-первых, уменьшится общая длина пути света в воде, что позволит применить электронную импульсную лампу или лампу-вспышку меньшей мощности, а во-вторых, уменьшится масса воды, освещаемая двукратным прохождением света. Кроме того, при освещении объекта сбоку под углом снимок может получиться более приятным. Освещение сбоку под углом нельзя применять при стереосъемке, так как оба объектива должны «видеть» идентичные изображения; осветитель вспышки устанавливаются обычно в центре над спаренными объективами камеры. При стереосъемке осветительную вспышку можно выносить вперед, приводя ее в действие над снимаемым объектом, что дает верхний свет.

Нужно упомянуть еще об одной причине необходимости уменьшать интенсивность синих лучей при чер-

но-белой съемке. Черно-белая пленка имеет различные характеристические кривые при экспонировании красным и синим светом. Чем больше красных лучей содержится в свете, тем контрастнее будет изображение на пленке. Это не зависит от того, производится съемка под водой или над водой. Поскольку при съемке в сильно рассеянном свете обычно бывает трудно получить резкие, контрастные снимки, мы можем рассчитывать на двойную выгоду от применения света с преобладанием желтых или красных лучей: на частичное устранение дымки и на повышение контраста.

Краткие выводы по определению экспозиции при черно-белой съемке

1. Выберите тип лампы-вспышки, тип пленки и скорость действия затвора. При съемке с лампами-вспышками установите наибольшую скорость затвора, какую только допускает светосила объектива. При съемке с электронной импульсной лампой скорость затвора также следует устанавливать максимальную, возможную при данном типе синхроконтакта, для того чтобы предупредить попадание на пленку постороннего света, размывающего изображение. По возможности не снимайте движущихся рыб с выдержкой большей, чем $\frac{1}{100}$ сек. При использовании ламп-вспышек более высокий контраст обычно дает тип лампы, предназначенный для съемок на цветных пленках.

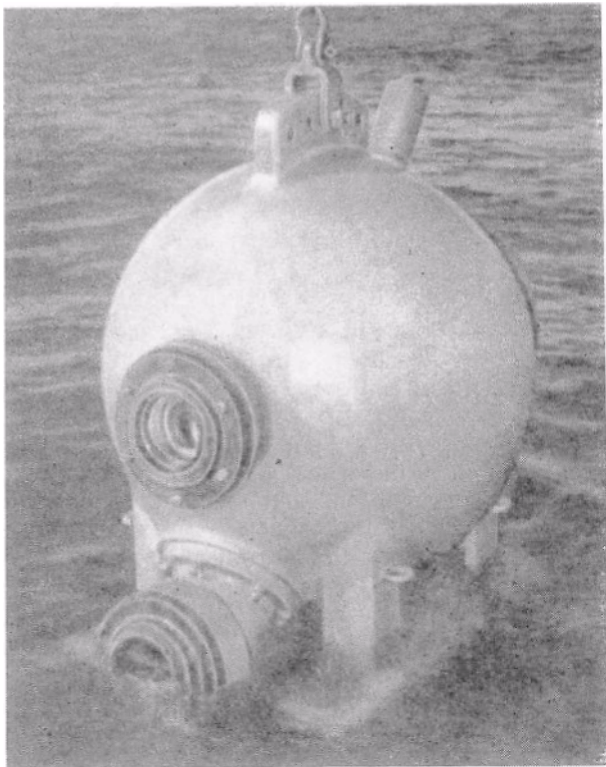
2. Определите степень поглощения света водой либо на глаз на основании опыта, либо следующим образом: заметьте показание экспонометра, направив его на тыльную сторону кисти руки на глубине примерно в одну треть метра. Проведите то же еще на нескольких глубинах, например на глубине 1,5; 3; 4,5 и 6 м. Сравнив показания, определите, на сколько делений нужно изменить диафрагму, чтобы получить правильную экспозицию при каждой данной длине пути света в воде; например, на глубине 3 м может потребоваться увеличить диафрагму на одно деление по сравнению с диафрагмой на поверхности.

3. Воспользовавшись указываемым для каждой данной пленки и лампы-вспышки или электронной импульсной лампы ведущим числом, определите экспозицию при съемке в воздушной среде. Например, мы применяем лампу-вспышку № 22 в «среднем» рефлекторе при скорости затвора $\frac{1}{100}$ сек. Для съемки на пленке «Кодак Плюс X» (старого типа, 40 ед, ASA при освещении лампами накаливания) таблица на упаковке лампы-вспышки дает ведущее число 160. Если расстояние от лампы до объекта составляет 3 м (10 футов), основная диафрагма будет 160 : 10, т. е. 16.

4. Теперь определите общую длину пути света в воде, как показано на рис. 53. (Заметьте: в пункте 3 речь идет о расстоянии от источника света до объекта, в пункте 4 — об общей длине пути света, от лампы до объекта и от объекта до съемочного аппарата. Это не одно и то же). Исходя из общей длины пути света, учтите поправку, определенную согласно пункту 2. Например (продолжая уже начатый нами пример), допустим, что наша лампа-вспышка расположена у аппарата, так что длина пути света равна удвоенному расстоянию от лампы до снимаемого объекта, или 6 м. Предположим, что поправка на поглощение при длине пути света в воде 6 м составляет два деления шкалы диафрагмы. Тогда вместо нашей основной установки 16, полученной в пункте 3, надо взять 8. Для съемки без светофильтра такой расчет точен настолько, насколько это возможно при существующей технике определения экспозиции. Если применяются лампы-вспышки, предназначенные для использования с цветными пленками, сбалансированными для искусственного освещения (лампы с колбой, покрытой красноватым лаком), и снимаемый объект находится на расстоянии более 1,5 м от аппарата, то можно рекомендовать увеличить диафрагму еще на одно деление, так как энергия их излучения будет ослабляться на значительных расстояниях в большей степени, чем энергия излучения ламп-вспышек с колбой, покрытой голубым лаком, или импульсных ламп.

5. При съемке в воде с сильным рассеянием света желательно применение светофильтра. Обычно берут

светофильтр типа К или G (так как свет, идущий от аппарата к объекту съемки, не будет сильно поляризованным по возвращении к аппарату). Поскольку лампы-вспышки, предназначенные для использования с цветными пленками, сбалансированными для искусственного освещения, излучают красноватый свет, их свет



Р и с. 57. «Бентограф» — водонепроницаемый корпус автоматической установки для глубоководного фотографирования. В сферической оболочке помещается 35-мм фотокамера с запасом пленки, обеспечивающим получение нескольких сотен снимков без подъема установки на палубу. Нижний иллюминатор предназначен для импульсной лампы (подробности см. библиогр., III, 9)
(Снимок фирмы «Аллен Хэнкокк Фаундейшн»)

после прохождения небольших расстояний в воде будет по своему спектральному характеру примерно соответствовать дневному свету. Поэтому при съемке с лампами-вспышками этого типа пользуйтесь кратностью светофильтра, рассчитанной для условий дневного освещения.

Лампы-вспышки с колбой, покрытой голубым лаком, и импульсные лампы излучают свет, в котором по прохождении определенного пути в воде будут преобладать синие лучи, и светофильтр К или G в значительной степени уменьшит интенсивность этого света. Поэтому при использовании указанных источников света кратность светофильтра, рассчитанную для условий дневного освещения, целесообразно увеличивать в 2 раза.

б. Сделайте, пробные снимки и запишите необходимые сведения. Изучив результаты, внесите поправки в данные, полученные в соответствии с вышестоящими пунктами,

ЦВЕТНАЯ СЪЕМКА С ОСВЕТИТЕЛЬНОЙ ВСПЫШКОЙ

При съемке на цветной пленке в прозрачной воде на глубинах, превышающих 12—15 м, а также в пасмурные дни необходимо дополнительное освещение. На таких глубинах все красные лучи и значительная часть желтых лучей полностью поглощаются. При естественном освещении съемку на цветной пленке производили на глубинах до 45 м [V, 5], однако при этом получались сплошь сине-зеленые снимки, совершенно не передающие той игры красок, что скрыта в глубоких слоях воды. Даже при съемке на цветных пленках повышенной чувствительности, которые являются огромным подспорьем для подводного фотографа, на большой глубин всегда необходимо применять осветительную вспышку, для того чтобы восполнить недостающую желто-красную зону спектра.

Ввиду того что при съемке на цветных пленках, даже высокочувствительных, требуется большое количество света, выбор подходящего осветительного прибора мгновенного действия становится весьма ограни-

ченным. Самый большой из практически применимых электронных импульсных приборов (с энергией вспышки 200 *вт-с*) даст достаточно света для получения цветных снимков на расстоянии (от съемочного аппарата до объекта), не превышающем примерно 1,5—2,1 м, в довольно прозрачной воде.

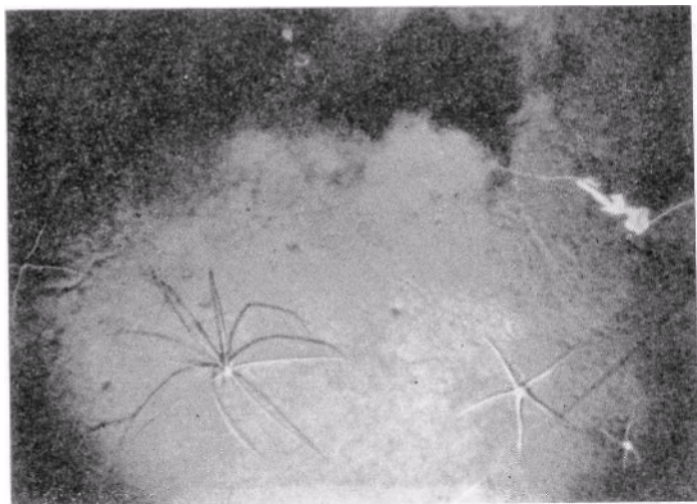


Рис. 58. Морской паук размером 71 см и офиура (морская звезда) на глубине 1830 м. Камера «Аргофлекс» 6 × 6 см. Поле зрения аппарата охватывает участок дна в 1,8 м, расстояние от камеры до дна 3 м. Лампа-вспышка № 5; пленка «Верихром»; диафрагма 11; $\frac{1}{50}$ сек. (Снимок предоставлен Давидом Оуэном, Вудс-Хоулский океанографический институт)

Менее мощные приборы обеспечивают соответственно меньшую дальность съемки. Снимая с малой скоростью затвора ($\frac{1}{25}$ или $\frac{1}{50}$ сек.), миниатюрную лампу-вспышку можно применять на расстоянии 2,4—3 м при хороших условиях съемки.

Самые большие лампы-вспышки (№ 22 и 50), используемые по одной, могут освещать объект съемки на расстоянии в пределах примерно до 4,5—5,4 м. Точные значения расстояний могут быть найдены в зави-

симости от светосилы применяемого объектива и эффективности рефлектора осветителя. Приведенные выше значения определены для относительного отверстия объектива 1 : 3,5 и рефлектора средней эффективности, установленного у съемочного аппарата.

Применение ламп-вспышек с неокрашенной колбой (номинально предназначенных для использования с цвет-



Р и с. 59. Эта фотография, снятая на глубине 2013 м, содержит целый ряд интересных с научной точки зрения объектов. Прежде всего здесь виден обрывистый склон с обнаженным участком скалы. На переднем плане — морская лилия высотой 30 см, возможно, нового вида. Некоторые из других видимых на снимке форм также не опознаны. Таким образом, этот снимок представляет интерес как для геологов, так и для биологов. (Снимок предоставлен Дэвидом Оуэном, Вудс-Хоулский океанографический институт)

ной пленкой, рассчитанной для работы при искусственном освещении) в сочетании с цветной пленкой дневного света обеспечивает при съемке с больших расстояний значительную степень цветовой коррекции, уменьшая необходимость в светофильтрах. Электронная импульсная лампа, требующая очень большой коррекции, при съемке с больших расстояний неприменима.

Краткие выводы по определению экспозиции при цветной съемке

1, 2 и 3. Прodelать то же, что и при черно-белой съемке, как это описано выше в настоящей главе.

4. а) Если вы применяете лампы-вспышки, предназначенные для использования с цветной пленкой, рассчитанной на искусственное освещение (т. е. лампы с колбой, покрытой красноватым лаком), увеличьте диафрагму еще на одно деление шкалы, после того как в экспозицию, определенную по ведущему числу (пункт 3), внесена поправка на поглощение света (пункт 2);

б) Если вы применяете лампы-вспышки с колбой, покрытой голубым лаком, или электронную импульсную лампу, внесите поправку на поглощение света в экспозицию, определенную по ведущему числу, без добавочного увеличения диафрагмы.

5. а) При использовании ламп-вспышек с покрытой красноватым лаком колбой применяйте светофильтр только в том случае, если нужно получить какой-либо специальный эффект. Например, для получения густого синего фона используйте светофильтр СС-М небольшой плотности. Для того чтобы выявить коричневые и желтые тона, возьмите светофильтр СС-У. Подчеркиванию красных тонов при съемке с большого расстояния может способствовать светофильтр СС-Р небольшой плотности. Для расчетов берите кратность светофильтра, указанную изготовителем, не изменяя ее, если этого не требует ваш собственный опыт;

б) При использовании ламп-вспышек с покрытой голубым лаком колбой или электронной импульсной лампы подберите соответствующий номер светофильтра СС-Р по длине пути света, найденной при определении

поправки на поглощение и по табл. III (гл. IV). Для этого чрезмерно богатого синими лучами света может оказаться необходимым увеличить кратность, указываемую изготовителем и приведенную в табл. III, на половину или на единицу (например, если кратность равна 2, то, внося поправку, обусловленную применением светофильтра, в экспозицию, определенную в соответствии с пунктом 4, надо брать 2% или 3).

Авторы отдают себе отчет в том, что указанные выше операции довольно сложны. Любитель, испытывающий затруднения с ведущими числами даже при съемке детей в комнате, встретится с немалыми трудностями под водой. Следует иметь в виду, что фотографу, который еще не овладел в достаточной мере навыками наземного фотографирования, не стоит и пытаться решать проблемы, встающие при подводном фотографировании.

Для опытного подводного фотографа обычно достаточно получить одно показание экспонометра на какой-нибудь глубине и тщательно исследовать оптические свойства воды, ее цвет и расстояния, на которых в ней могут быть видны объекты. Цветная пленка, к сожалению, требует довольно точной экспозиции для получения хороших результатов (обычно в пределах половины деления шкалы диафрагмы), и, как правило, не приходится рассчитывать на исправление ошибок в процессе лабораторной обработки, как в случае черно-бело фотографии. Один раз проделав в данном районе съемок все изложенные в пунктах операции, можно целый день снимать по полученным данным, не нуждаясь в существенных пересчетах. Главной переменной величиной в течение дня будет расстояние до снимаемого объекта, и фотограф быстро научится вносить поправку в установку диафрагмы объектива в зависимости от изменения этого расстояния.

Использование обычных ламп-вспышек (с неокрашенной колбой) несколько упрощает дело, так как свет с некоторым преобладанием красных лучей позволяет получать снимки на довольно больших расстояниях, не применяя светофильтра для цветовой коррекции. Конечно, безупречного цветового баланса при этом обычно достигнуть невозможно, но вполне удовлетво-

рительные снимки получаться будут. Эксперименты по съемке с использованием ламп-вспышек с покрытой красным лаком колбой (цветовая температура около 3200°K), проведенные в воде бассейна для плавания, показали, что и излучении этих ламп слишком много красных лучей для фотографирования объектов, нахо-

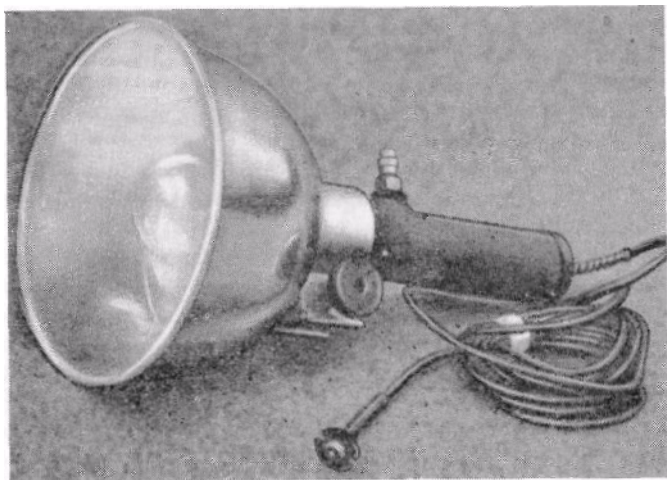


Рис. 61. Подводная лампа-вспышка «Фэнджон», которую можно приспособить к любой фотокамере. Кабель позволяет при желании производить вспышку вблизи снимаемого объекта. (Снимок фирмы «Фэнджон»)

дящихся на расстоянии до 3 м от аппарата. При подводной съемке с применением этих ламп пузырьки воздуха получают красноватого цвета. Поэтому лампы такого типа более пригодны для съемки с больших расстояний.

ПОДСВЕТКА ОСВЕТИТЕЛЬНОЙ ВСПЫШКОЙ

При съемке в прозрачной воде на небольшой глубине часто бывает желательно помимо естественного дневного света применить в качестве добавочного источника освещения еще и осветительную вспышку.

Это дополнительное освещение высветит передний план, выявит форму и фактуру фотографируемого объекта и придает четкость готовому снимку. Подсветка осветительной вспышкой под водой чаще всего применяется при цветной съемке, где она способствует получению лучшего цветового контраста объектов на переднем плане. Наиболее выразительным примером применения такой техники съемки могут служить цветные фотоснимки Педерсонов, публикуемые в периодических изданиях. Метод Педерсонов заключается в использовании средней лампы-вспышки (типа «Пресс-40») при съемке с небольших расстояний — до 1,8—2,1 м — и более мощной лампы № 2 — при съемке с расстояний до 3 м. На больших расстояниях осветительная вспышка не применяется. Ввиду того что длина пути света осветительной вспышки и длина пути солнечного света в воде на глубине около 3 м приблизительно равны, обычно используются лампы-вспышки с колбой, покрытой голубым лаком. Благодаря этому спектральный состав дневного света, идущего с поверхности, и спектральный состав излучения лампы-вспышки, предназначенной для использования с цветной пленкой дневного света, будут у аппарата примерно одинаковы. Если этого не сделать, мы можем получить нежелательное преобладание тех или иных оттенков на разных участках снимка. Например, передний план может приобрести красноватый оттенок от лампы-вспышки, предназначенной для использования с цветной пленкой для искусственного освещения, тогда как задний план будет голубым от солнечного света, прошедшего сквозь воду, как через фильтр. Кроме всего прочего Педерсоны применяют светофильтр СС-50-R, для того чтобы ослабить интенсивность всех лучей, за исключением красных, и светофильтр СС-У небольшой плотности. Светофильтры типа У (желтые) задерживают в некоторой степени синие лучи, создавал темно-синий цвет водной массы, на фоне которой хорошо выделяются объекты переднего плана. Применение слабого светофильтра У может быть весьма полезным при съемке на небольших глубинах в условиях естественного освещения. Не следует применять его вместо плотного светофильтра СС-R,

так как последний обеспечивает основную коррекцию цвета. В очень прозрачной воде, в которой работали Педерсоны, снимавшие фотокамерой «Реалист», они устанавливали выдержку $1/50$ сек. при относительном отверстии 1 : 3,5.

СЪЕМКА В ОЧЕНЬ МУТНОЙ ВОДЕ

Во взмученной воде гаваней с дальностью видимости 0,6—0,9 м удовлетворительные снимки получить почти невозможно. К сожалению, фотографирование в научных целях или при работах по подъему затонувших судов приходится производить именно в такой воде. Ясно, что для такого рода съемок необходимо брать черно-белую пленку максимальной контрастности. Для получения достаточно четкого изображения может потребоваться применение весьма контрастно работающего проавителя и усиление негатива.

Фирма «Фенджен компани» решила проблему фотографирования на дне гаваней с целью обследования следующим образом: большой резервуар наполняют прозрачной водой и погружают к месту съемки, помещая его между камерой и снимаемым объектом. Это громоздкое сооружение возможно применять лишь при наличии больших лодок и вспомогательного персонала. Разумеется, оно пригодно только для съемки плоских объектов.

Вопросы выбора оптимального освещения и светофильтров для таких наихудших условий съемки исследованы еще слишком мало. Военно-морским флотом США [1, 28] были осуществлены испытания по улучшению видимости под водой, которые проводились в тренировочных бассейнах с большим содержанием осадочных частиц в воде. Результаты испытаний показали, что лучше всего применять лимонно-желтый светофильтр (стекло Корнинг № 338, оттенок С), закрывая им стандартный подводный источник света с лампой накаливания или стекло маски ныряльщика. Сделанные снимки свидетельствуют о том, что такой желтый светофильтр значительно повышает четкость и конт-



Рис. 61. Электронный импульсный прибор «Торпеда», сконструированный М. Ребиковым из г. Канн (Франция). Обратите внимание на то, как далеко вперед по направлению к снимаемому объекту вынесен источник света, установленный почти в самом конце длинного цилиндра. Глубина 38 м; пленки «Плюс X»; диафрагма 6,3; $\frac{1}{100}$ камера «Фока». (Снимок фирмы «Фока Х. Бруссар»)

раст изображения. Несколько улучшала видимость. также натриевая лампа. Мутная прибрежная вода обычно лучше всего пропускает желтые лучи, хотя нет такого магического сочетания светофильтра и источника света, которое помогло бы световым лучам пройти сквозь среду, содержащую много крупных частиц, так как эти частицы просто-напросто преграждают путь свету. Вероятно, если искусственный источник освещения поместить очень близко к снимаемому объекту, его света будет достаточно для того, чтобы осветить объект и оказать действие на пленку. Если взвешенные в воде частицы имеют какую-нибудь специфическую, не желтую окраску, то, возможно, лучше применить иные светофильтры. Единственное решение проблемы — экспериментировать, помня, что хороших результатов добиться трудно и что лучшее из худшего — это уже хорошо

Глава VI

ТЕХНИКА ПОДВОДНОЙ СЪЕМКИ

После того как мы рассмотрели целый ряд фотографических, фотометрических и конструктивных вопросов и проблем, относящихся к подводному фотографированию, нам следует остановиться на некоторых приемах и тонкостях съемки, знание которых может быть полезным в подводных условиях. Проверкой всех вышеизложенных теоретических положений будет качество готового снимка, которое в такой же мере может зависеть от самочувствия ныряльщика под водой, скорости ветра и величины волн и даже той шляпки, какой он пользуется, как и от правильности определения выдержки. Очень часто подводные экспедиции испытывают в море немалые затруднения из-за неполадок в снаряжении и источниках энергии, из-за поведения некоторых ныряльщиков и других, самых разнообразных причин. Чем больше таких возможных неполадок будет предусмотрено и предупреждено еще на берегу, до экспедиции, тем больше это облегчит саму съемку.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БАССЕЙНА ДЛЯ ПЛАВАНИЯ

Бассейн для плавания может быть использован подводным фотографом с двумя целями, С одной стороны, это безопасное и удобное место для испытания фото-

графического оборудования и легководолазного снаряжения, с другой — это своеобразная подводная арена, где могут быть получены интересные по сюжету и превосходные по качеству снимки.

В нашей книге «Автономное ныряние и подводная охота» мы рассмотрели большинство типов снаряжения

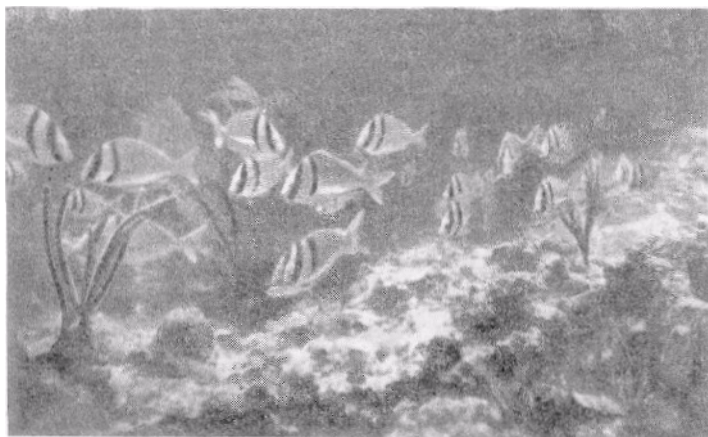


Рис. 62, Косяк рыб-свиней, медленно плывущих по течению среди коралловых зарослей Флоридских рифов. Один из наилучших сделанных до сих пор подводных этюдов. (Снимок Дж. Гринберга, «Сихок Продактс»)

для ныряния и подводного плавания. Настоятельно рекомендуем начинающему ныряльщику приобрести экземпляр этой книги, чтобы ознакомиться со специфическими проблемами автономного ныряния. Затем ему следует провести много часов в ближайшем бассейне, осваивая снаряжение, которым ему придется пользоваться в открытом море.

Одновременно с этим можно производить испытание съемочной аппаратуры: испробовать в работе под водой органы управления, проверить поле зрения аппарата путем съемки известных участков, испытать действие осветительной вспышки и проверить водонепроницаемость боксов. Хотя герметичность бокса на глубине

3 м еще не говорит о том, что он сохранит свою водонепроницаемость и на глубине 15 м, фотограф по крайней мере убедится в том, что в боксе нет большой течи,

Как можно видеть по нескольким помещенным в этой книге фотографиям, съемка в бассейне предостав-



Рис. 63. Причудливые формы кораллов — неисчерпаемый источник подводных сюжетов для съемки. (Снимок Дж. Гринберга, «Сихок Продактс»)

ляет много интересных возможностей. С помощью ускоренной подводной киносъемки можно показать хороший стиль плавания или приемы спасания утопающих. Неисчерпаемым источником сюжетов для получения интересных фотоснимков являются изящные акробатические упражнения подводных пловцов. Освещение в бассейне обычно хорошее. Через большие окна могут проникать солнечные лучи, а светлые кафельные плитки, которыми облицованы стенки и дно бассейна, отражают значительную часть света в воду. Пользуясь бассейном для плавания, можно приобрести опыт применения экспонометра, расчета экспозиции и техники подводной съемки, а также последую-

щеп обработки негативов и получения отпечатков в лаборатории. Вода бассейна по многим характеристикам сходна с «чистой» водой, кривые пропускания которой приведены в этой книге (при условии, конечно, что бассейн содержится в чистоте).

ФОТОСЪЕМКА В ВОДЕ ЕСТЕСТВЕННЫХ ВОДОЕМОВ

Следующий раздел написан Джерри Гринбергом (фирма «Сихок Продактс»). Превосходные фотоснимки Дж. Гринберга публиковались в «Аргоси», «Лейка фотографии» и в других периодических изданиях. Его мастерство в области черно-белой подводной фотографии хорошо иллюстрируется теми несколькими снимками его работы, которые помещены в этой книге.

ЧЕРНО-БЕЛАЯ ФОТОГРАФИЯ ПОД ВОДОЙ

Джерри Гринберг

Несколько лет тому назад, когда я впервые заинтересовался фотосъемкой под водой, не было почти никаких практических сведений, которые могли бы служить руководством для начинающего подводного фотографа. Работы Уильямсона, Крэга и Биба содержали много неопределенного и разноречивого в части, касающейся указаний и рекомендаций по технике подводной съемки. Не было иного способа овладеть этой областью фотографии, как начать с азав.

Водонепроницаемые боксы для фотоаппаратов

Самой сложной проблемой было найти водонепроницаемый бокс, который бы позволил с максимальным удобством пользоваться 35-мм фотокамерой. Немногие существовавшие в то время отечественные и зарубежные боксы давали течь и были ненадежны, так как оснащались плохими сальниками для пропуска органов управления, неточными видоискателями и слишком маленькими иллюминаторами и, не позволявшими применять предпочитаемый мной предельно широкоугольный объектив. Я решил сконструировать и изготовить свой собственный водонепроницаемый бокс

снабдив его всеми усовершенствованиями, которые я сочту необходимыми для работы под водой. С изготовления такого бокса, оказавшегося удовлетворительным почти во всех отношениях, и началась по-настоящему моя карьера подводного фотографа

Практика подводной съемки при солнечном освещении

В лучших из существующих работ по подводной съемке говорится, что под водой следует снимать при положении солнца прямо над головой. Опыт показал, что наилучшие результаты получаются при положении солнца под углом 15° к вертикали. При этом может быть получен целый ряд эффектов освещения снимаемых объектов: плоское, боковое контровое освещение. Пользуясь таким способом освещения, удавалось получать особенно эффектный моделирующий свет при съемке кораллов.

При съемке сцен подводной охоты я обычно спускался под воду вместе с подводным охотником и держался вплотную к нему, пlying бок о бок, пока не попадался какой-нибудь интересный для фотографирования объект.

Выдержка и проявление пленки

Я обыкновенно определяю выдержку при помощи фотоэлектрического экспонометра «Вестерн Мастер II», заключенного в пластмассовый водонепроницаемый кожух. Измерив с помощью экспонометра интенсивность освещения на различных глубинах, я произвожу расчет компромиссной выдержки. Это позволяет мне снимать на глубинах от 3 до 15 м с уверенностью, что будет получен хороший негатив. В кристально чистой воде в районе Флоридских рифов при ярком солнечном освещении для пленки «Плюс X» (старого типа) можно применять следующие выдержки:

0,3—3 м — $\frac{1}{200}$ сек. при диафрагме 9

3—6 м — $\frac{1}{100}$ сек при диафрагме 9

6—9 м — $\frac{1}{100}$ сек при диафрагме 9 (время проявления увеличить на 50%)

9—15 м — $\frac{1}{100}$ сек при диафрагме 9 (время проявления увеличить на 100%)

Первая техническая проблема, с которой мне пришлось столкнуться, заключалась в неблагоприятных условиях освещения, которые иногда имеют место под водой на глубинах, превышающих 15 м. По утверждению многих авторов, для подводной съемки во всех случаях необходим яркий солнечный свет. Позднее

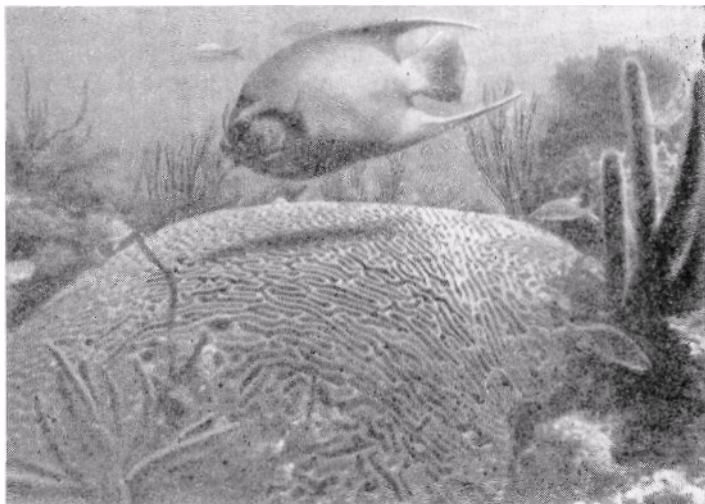


Рис. 64. Мозговик, или меандровый коралл, и рыба-ангел на превосходной фотографии, снятой Дж. Гринбергом при помощи аппарата «Аргус С-3», заключенного в водонепроницаемый кожух «Марк II» его конструкции. (Снимок Дж. Гринберга, «Сихок Продактс»)

я установил, что хорошие черно-белые фотографии могут быть получены почти при любом уровне освещения. Это достигается путем увеличения времени проявления пленки в нормальном, мелкозернистом проявителе (Микродол-777 или Файнекс-L). Такой метод обработки называется «форсированным проявлением» и широко применяется сотрудничающими в журналах фотографами «школы съемки при имеющемся уровне освещения». Путем повышения светочувствительности эмульсии пленки, соответствующего нескольким деле-

ниям шкалы диафрагмы, фотограф получает возможность делать снимки почти на любой глубине и при любом уровне освещения.

Изготовление фотоотпечатков

Большая часть кадров на пленке обычно экспонирована таким образом, что с полученных негативов лучше всего печатать на контрастной бумаге № 3. Для изготовления увеличенных фотоотпечатков я применяю бумагу «Вариграм» — специальную бумагу для увеличения, обладающую переменной контрастностью, что позволяет фотографу регулировать контраст своих отпечатков, помещая перед объективом увеличителя различно окрашенные светофильтры. Преимущества бумаги «Вариграм» очевидны. Достаточно иметь бумагу одного сорта, чтобы можно было получать хорошие отпечатки с негативов различного контраста и градации. Это очень удобно и экономично. Фотоотпечатки формата 20 × 25 см изготавливаются на глянцевой бумаге (R), в случае необходимости изготовить увеличения максимального формата, например 28 × 36 см, лучше всего, по-моему, печатать на полуглянцевой бумаге (BT),

Как знают опытные фотографы, самостоятельно обрабатывающие свои снимки, позитивное изображение хорошего качества должно состоять из следующей совокупности тонов; от самого светлого (чисто белого) до самого темного (черного) тона, включая полную шкалу серых тонов. Это правило сохраняет силу независимо от того, снята фотография над водой или под водой. Отпечаток, который не обладает таким качеством, следует уничтожить и сделать новый. Фотограф, хорошо знакомый с техникой фотообработки, должен уметь изготавливать первоклассные отпечатки почти с любого типа негатива, будь то плотный негатив или «тонкий». Изумительных результатов можно достигнуть при применении высококонтрастной бумаги для увеличения при исправлении недостатков негативов в процессе проекционной печати и при химическом ослаблении некоторых участков отфиксированного от-

печатка. Я хочу особо подчеркнуть важность умелой фотолабораторией работы.

Готовый отпечаток — венец всему делу. Если он не обладает хорошим фотографическим качеством и художественными достоинствами, вы напрасно потратили время и деньги.

* * *

С появлением новых цветных пленок и разработкой техники их обработки в любительской лаборатории стало возможным и даже целесообразным производить обработку «в полевых условиях», чем обеспечивается проверка исправности работы аппаратуры и правильности определения выдержки. Стандартный процесс обработки полностью объяснен в инструкции, прилагаемой к фотохимикалиям. Ниже вкратце приводим рекомендации по применению способов обработки в полевых условиях.

Сущность регулирования процесса обработки «по времени» для получения оптимальных результатов заключается в строгом соблюдении времени обработки и температуры растворов. Первое осуществляется просто с помощью стандартных сигнальных лабораторных часов (например, фирмы «Дженерал электрик»). Нужную температуру лучше всего поддерживать с помощью теплового резервуара, например бака объемом литров в одиннадцать, наполненного водой требуемой температуры. Температура воды в таком резервуаре изменяется относительно медленно, и ее легко снова довести до потребного уровня, прежде чем ее изменение повлияет на обработку. Такой резервуар можно применять для поддержания правильной температуры всех растворов, погружая в него бачки, в том числе проявочный. Необходимо, чтобы проявочный бачок был водонепроницаем. Для этой цели пригоден бачок «Никор» нержавеющей стали, который к тому же имеет катушку с открытыми концами, необходимыми для засветки (второй экспозиции) пленки «Октахром».

Проточную воду для промывки иметь не обязательно, так как для того, чтобы промыть пленку, достаточно 4—8 л (1—2 галл.) воды нужной температуры. Некото-



Рис. 65. Пара стереоскопических снимков, полученная в заливе Пенобскот, штат Мэн, на глубине 28,3 м. Снято фотокамерой «Роллейдоскоп», описанной в статье Д. М. Оуэна в конце гл. III. Эта стереопара иллюстрирует преимущество стереоскопической съемки при научных исследованиях под водой. Внимательно рассмотрите один из снимков стереопары и заметьте столько выпуклых деталей, сколько сможете, на этом плоскостном изображении. Затем рассмотрите стереопару с помощью зеркала и вы увидите, какое большое количество деталей пропадает на двухмерном изображении. Расстояние от камеры до дна 2,7 м; электронная импульсная лампа с энергией вспышки 200 вт-с; пленка «Супор XX»; диафрагма 5,6 $\frac{1}{1600}$. (Снимки предоставлены Дэвидом Оуэном, Вудс-Хоулский океанографический институт)



Рассматривать стереопару с помощью зеркала надо следующим образом. Приставьте маленькое зеркальце, размером с кошелек, ребром к лицу с правой стороны носа, там, где он соединяется со щекой. Поверните зеркальце так, чтобы правый глаз видел отражение правого изображения стереопары, будучи направленным на левое изображение. Левый глаз также смотрит прямо на левое изображение. Таким образом, правый глаз видит отражение правого изображения, а левый глаз видит второе изображение, и, когда оба изображения окажутся наложенными одно на другое, они сольются, и вы увидите одно объемное изображение. Нужно изменять угол между зеркалом в лицом до тех пор, пока не произойдет наложение изображений. При этом оба изображения стереопары должны быть расположены прямо против глаз

рые трудности может представить сушка цветной пленки, ввиду того что эта пленка чрезвычайно чувствительна к пыли. Выбирайте для сушки места, наиболее свободные от пыли.

Повышение эффективной светочувствительности эмульсии цветной пленки достигается увеличением времени первого проявления. Этот прием подробно рассматривается в специальных книгах по цветной фотографии. Эффективную чувствительность пленки «Эктахром» можно повысить в 4 раза, хотя верность цветопередачи при этом несколько нарушается.

Если в длительной экспедиции цветную обработку осуществить невозможно, то нужно прибегнуть к способу быстрого контроля, который можно применять при съемке как на пленке «Кодахром», так и на пленке «Эктахром». Он заключается в том, что пленку с пробными снимками подвергают обычному черно-белому проявлению, как если бы это была пленка «Плюс Х» или как-нибудь другая равноценная ей пленка. По полученным негативам можно проверить правильность экспозиции, наводку на резкость, кадрирование и т. д. Произведя обработку нескольких таких пленок, можно приобрести опыт применения этого способа и успешно пользоваться им во время дальних поездок, с тем чтобы не откладывать обработку всех экспонированных пленок до возвращения из поездки. Применение современных бачков с зарядкой на свету делает такую обработку 35 мм пленок практически возможной даже во время самих подводных работ. Пленки с пробными снимками, которые после рассматривания будут выброшены, можно промывать и закреплять в морской воде, действующей почти так же, как обычный фотографический закрепитель. Это не заменяет нормального фиксирования, но может быть использовано в случае нужды.

При работе в холодной воде часто возникает проблема предотвращения конденсации влаги на внутренней стороне окна водонепроницаемого бокса съемочного аппарата. В несложных случаях хороший результат дает применение одного из составов против запотевания, лучшим из которых является «айвори» («слоно-

пая кость»), или кастильское мыло. Этим материалом слегка натирают поверхность, которую необходимо предохранить от запотевания, и затем полируют, чтобы устранить некоторую матовость. Более радикальное решение проблемы заключается в том, что в водонепроницаемый бокс помещают в пористой мешочке силикагель или иное вещество, поглощающее влагу.

Полезной принадлежностью для подводного оператора является пластинка или дощечка, на которой можно делать под водой заметки. Ведение на месте съемки кратких точных записей, которые можно затем расшифровать и переписать, весьма важно для серьезного фотографа и почти совершенно необходимо для профессионала.

КИНОСЪЕМКА В ВОДЕ ЕСТЕСТВЕННЫХ ВОДОЕМОВ

Основное назначение всякого фильма, за исключением технического, — дать связный, последовательный показ событий. К киносъемке под водой это относится в такой же мере, как и ко всякому другому виду съемки. Прежде чем начинать киносъемку, продумайте возможный сюжет, последовательность эпизодов, и конечный результат оправдывает затраченное на это время.

Укажем на некоторые из наиболее распространенных ошибок, встречающихся при съемке любительского фильма: 1) слишком быстрое или слишком частое панорамирование камерой по горизонтали или по вертикали; такие следующие один за другим головокружительные размахи неприятны для зрителя; 2) слишком короткие кадры; каждый кадр фильма должен длиться не менее 5 сек., особенно при показе подводного мира, когда зритель не сразу ориентируется в непривычной для него среде; 3) повторная съемка одной и той же сцены без перемены точки съемки; эту ошибку легко заметить, так как она проявляется в легком вздрагивании изображения на экране всякий раз, когда при съемке камеру останавливали и снова пускали в ход.

Свойственным подводной киносъемке недостатком является качание кадра, обусловленное неустойчиво-

стью камеры при съемке. Этот недостаток наблюдается всегда, даже в профессионально снятых кадрах, и если он выражен в сильной степени, то может совершенно погубить кадр. Можно избежать качания кадра, если

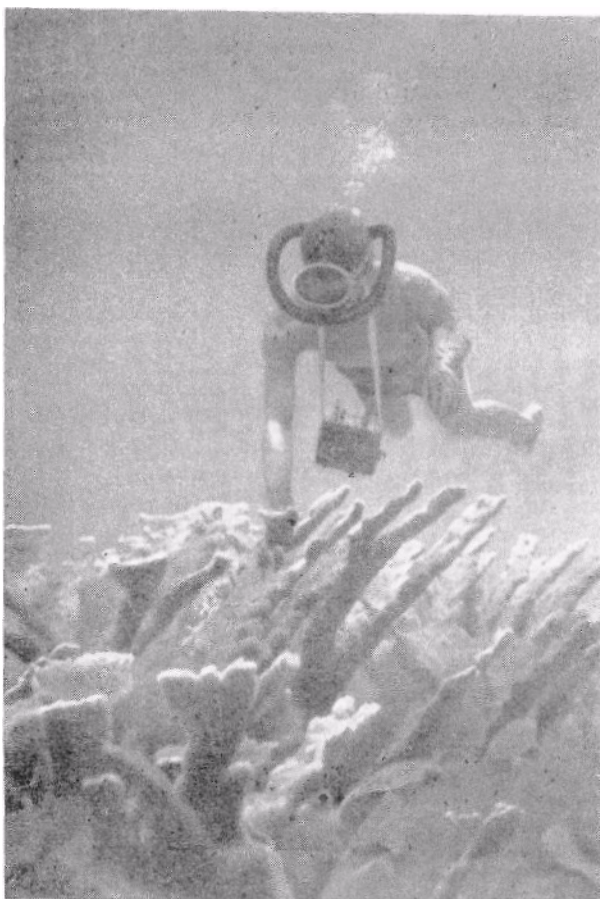


Рис. 66. Коралл рода *Aeropora* и ныряльщик, медленно проплывающий над ним, превосходно снятые Дж. Гринбергом. Сфотографировано аппаратом в боксе «Марк II»; диафрагма 18; $\frac{1}{100}$ сек.; пленка «Плюс X». (Снимок Дж. Гринберга, «Сихок Продактс»)

снимать с утяжеленного штатива, крепко втыкаемого в дно. При съемки под водой с движения неустойчивость камеры можно частично предупредить, утяжелив бокс камеры или снабдив его небольшими стабилизаторами, так чтобы он плавно перемещался под водой. Колебания камеры бывают особенно сильны при съемке на мелководье при волнении на море, когда волны перекатывают воду у дна.

При съемке быстродвижущихся рыб трудность заключается в том, как обеспечить требуемую длительность кадра. Проплывающую с большой скоростью макрель или дельфина невозможно удержать в поле зрения камеры в течение 5 сек. Для растягивания такого кадра применяется прием съемки с большей частотой, чем та, с которой этот кадр будет демонстрироваться на экране, т. е. с частотой 32, 48 или даже 64 кадр/сек. Этого небольшого «подвоха» зритель не обнаружит, потому что скорости движения объектов под водой могут быть самые различные. Ему просто будет казаться, что рыба плывет медленно.

При применении камеры с электроприводом оператор может расширить возможности своего оборудования, снабдив его дистанционным управлением в виде переключателя, соединенного с камерой длинным кабелем. Это позволит ныряльщику получать интересные кадры рыб, не потревоженных его присутствием, и даже снять рыбу, берущую наживку. Если установить камеру на дне, можно легко приводить ее в действие с поверхности. Так можно получить кадры с акулой или барракудой, хватающей мясо или истекающую кровью рыбу,— сцены, съемка которых могла бы быть опасной для ныряльщика.

ЛЁГКОВОДОЛАЗНОЕ СНАРЯЖЕНИЕ И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ

Умелое пользование легководолазным снаряжением и обеспечение безопасности ныряльщика под водой - обширная тема и здесь полностью рассматриваться не будет. Этому посвящена наша книга «Автономное ныряние и подводная охота» [VII, 1], в которой подроб-

но разбираются все частные вопросы и проблемы специальной области и содержится целый ряд ссылок на другие книги данному предмету. Однако здесь целесообразно рассмотреть вопрос о том, каким образом требования подводной съемки могут влиять на выбор и применение легководолазного снаряжения.

В противоположность почти всем видам подводного спорта подводное фотографирование требует, чтобы ныряльщик в какой-то мере был независим от окружающего его подводного мира и мог отвлекаться от постоянной заботы о работе своего респиратора. Это обуславливается сложностью фотографической аппаратуры и необходимостью при съемке различных объектов — людей и рыб — точно, не допуская ошибок, управлять съемочной камерой посредством ее органов управления, а также вспомогательными фотографическим оборудованием. Это требует особой надежности механизма ныряния и способности ныряльщика инстинктивно избегать опасности. Для того чтобы легководолазное снаряжение было действительно надежным, необходимо, чтобы оно было не только высококачественно, но и хорошо приспособлено для данного рода работы.

Среди различных видов автономных дыхательных аппаратов самой удачной конструкцией обладает, пожалуй, пользующийся наибольшей известностью акваланг. Аппараты с регулятором подачи воздуха, работающие по открытой схеме дыхания, в большинстве случаев не требуют никакого регулирования во время погружения и работы под водой. При пользовании аппаратами этого типа неприятности возможны только в том случае, если ныряльщик выпустит изо рта мундштук и в дыхательные шланги или в рот попадет вода. Поэтому, прежде чем начинающий ныряльщик начнет заниматься сложным делом фотографирования в открытом море, ему необходимо приобрести навыки очищения дыхательного аппарата от воды, практикуясь в бассейне для плавания. Утечка воздуха может иметь различные последствия — от небольшого неудобства до катастрофы — в зависимости от конкретных обстоятельств. Поглощенный работой со съемочным аппаратом,

ныряльщик; вполне может не заметить, как подача воздуха стянет ослабевать. Поэтому важно брать с собой запасной баллончик с воздухом. Имея запас воздуха, ныряльщику при истощении воздуха в основных баллонах не придется бросать съемочную камеру даже при подъеме с большой глубины. Применение снаряжения надувного типа (например, «Флото») обеспе-



Рис. 67. Подводный фотограф поднимается на палубу в конце рабочего дня

чивает запас плавучести для всего оборудования, несомого ныряльщиком, и позволяет ему вернуться вплавь к шлюпке или на берег в том случае, если он окажется в затруднительном положении на значительном расстоянии от них.

Пользоваться кислородным аппаратом с замкнутой схемой дыхания рекомендуется только опытному ныряльщику. Это тем более относится к случаю, когда ныряльщик занимается фотографированием под водой, так как пользование кислородным аппаратом не допу-

екает никаких оплошностей. Опытный ныряльщик может реализовать такие преимущества этого аппарата, как бесшумность работы, большая продолжительность пребывания под водой и компактность. Наиболее простые типы кислородных аппаратов имеют ручной регулятор подачи кислорода, что требует постоянного внимания ныряльщика. Более дорогие аппараты снабжены автоматическими регуляторами. Для того, кто знаком с работой, специфическими особенностями (например, предельной глубиной погружения 10,7 м) и мерами предосторожности при пользовании кислородным аппаратом, он может быть весьма полезен. Остальным следует выбирать дыхательные аппараты, пользование которыми сопряжено с меньшим риском.

Легководолазное снаряжение с подачей воздуха с поверхности {например, такое, как маска «Деско») целесообразно применять в тех случаях, когда требуется, чтобы ныряльщик оставался под водой неограниченное время, или когда в опасных участках необходима связь ныряльщика с поверхностью. Минусом такого снаряжения по сравнению с автономным снаряжением является ограниченная свобода передвижения, а плюсом — обильная подача воздуха с поверхности, что позволяет проводить длительные исследования с большей легкостью, чем при использовании снаряжения любого иного типа. Несмотря на публикуемые в печати материалы о том перевороте в области автономного ныряния, который вызвало применение аппарата с открытой схемой дыхания, многие превосходные ныряльщики-фотографы до сих пор широко пользуются в своей работе маской с подачей воздуха с поверхности. Это самый безопасный и надежный способ производства съемок под водой.

Кроме высококачественного дыхательного аппарата ныряльщику следует позаботиться еще и об обеспечении оптимальных условий для своего тела. По мере возрастания неприятных физических ощущений, особенно в холодной воде, будут притупляться острота чувств, быстрота реакции и бдительность ныряльщика. Применение хорошо подогнанного легководолазного костюма с поддетым под него достаточно теплым, бельем

для обеспечения оптимальных физических условий благоприятно скажется на качестве фотографий.

Если съемочная камера громоздка и не обладает хорошей плавучестью, следует применять надувные спасательные устройства для камеры, а также и для ныряльщика.

Нередко случается так, что группа ныряльщиков предпринимает путешествие в несколько сотен или тысяч километров (миль), намереваясь произвести подводные съемки, и возвращается ни с чем или почти ни с чем, если сравнить результаты с затраченными усилиями и средствами. Такая неудача обычно объясняется сочетанием ряда факторов: недостаточно тщательное предварительное испытание снаряжения, отсутствие элементарных средств исправления обычной поломки, невозможность для одного или нескольких участников спускаться под воду вследствие боли в ушах или других причин, плохое или несоответствующее условиям водолазное снаряжение, отсутствие координации и дисциплины под водой, неумелое пользование экспонометром, незнание данного района, условий видимости, возможности найма шлюпки и т. д. Лишь самое тщательное планирование и учет всех возможных случайностей наряду с полным испытанием снаряжения и оборудования в бассейне для плавания или на месте помогут предупредить такие неудачные результаты.

БИБЛИОГРАФИЯ

Цифры в квадратных скобках, встречающиеся в тексте книги, отсылают читатели к одному из источников, собранных в этой библиографии. Для удобства читателя библиография разбита на группы под различными заголовкам и в тех случаях, когда название статьи или книги недостаточно точно отражает содержание, дается краткое пояснение. Не будучи исчерпывающей, эта библиография охватывает большое количество источников, содержащих полезные для подводного фотографирования сведения.

Авторы выражают слою благодарность Д. М. Оуэну из Вудс-Хоулского океанографического института, который любезно сообщил им о целом ряде источников, не включенных в первое издание этой книги.

I. Фотометрия под водой

1. Young, О вычислении коэффициентов поглощения дневного света водой естественных водоемов, Journ. Optical Soc. of Amer., 28, n. 4, April 1938.
2. Bedford, Вычисление коэффициентов пропускания ультрафиолетового излучения водой, Journ. Optical Soc. of Amer., 30, n. 3, March 1940.
3. Utterback and Wilson, Подводное освещение в фотометрических единицах, Journ. Optical Soc. of Amer., 30, n. 4, March 1940.
4. Erikson, Интенсивность света на различных глубинах в воде озер, Journ. Optical Soc. of Amer., 23, n. 5, May 1933 (библиогр. —39 назв.).
5. Dawson and Hulbort, Поглощение ультрафиолетовых лучей и видимого света водой, Journ. Optical Soc. of Amer., 24, n. 7, July 1934.

6. Oster and Clarke, Проникновение красных, зеленых и фиолетовых лучей спектра дневного света в воду различных районов Атлантического океана, Journ. Optical Soc. of Amer., 25, n. 3, March 1935 (библиогр. —17 назв.).
7. Powell and Clarke, Отражение и поглощение дневного света поверхностью океана, Journ. Optical Soc. of Amer., 26, n. 3, March 1936.
8. Clarke and James, Лабораторное исследование избирательного поглощения света морской водой, Journ. Optical Soc. of Amer., 29, n. 2, Feb. 1939.
9. Hulbert, О проникновении дневного света в глубину моря, Journ. Optical Soc. of Amer., 22, n. 7, July 1932.
10. Hulbert, Оптические свойства дистиллированной воды и воды естественных водоемов, Journ. Optical Soc. of Amer., 35, n. 11, Nov. 1945.
11. Hulbert, Прозрачность океанской воды и кривая видности глаза, Journ. Optical Soc. of Amer. and Review of Scientific Instr., 13, n. 5, Nov. 1926.
12. Jenkins and Bowen, Прозрачность океанской воды, Journ. Optical Soc. of Amer., 36, n. 11, Nov. 1946.
13. Darby, Johnson and Barnes, Исследование по поглощению и рассеянию солнечного излучения морской водой, Carnegie Inst. of Washington, Pub. n. 475, Oct. 15, 1937.
14. Birge and Juday, Проникновение солнечного излучения в воду озер по измерениям с помощью термомпары, Bull. Nat. Research Council, 68, 1929.
15. Birge and Juday, Пропускание солнечного излучения водой озер, Trans. Wisconsin Acad. Sci., Arts and Let., 24, 1929. (См. статьи этих же авторов в этом журнале, т. 25 и 26, за 1930 и 1931 гг.)
16. Klugh, Проникновение света в воду залива Фанди и в воду озера Чамкук (Нью-Брансуик), Ecology, 8, 90-93, 1927.
17. Poole, О фотоэлектрическом измерении подводного освещения, Sci. Proc. Roy. Dub. Soc., 18, 99—115, 1925.
18. Shelford and Kunz, Применение фотоэлементов различных типов и окрашенных экранов при измерении проникновения света в воду, Trans. Wisconsin Acad. Sci., Arts and Let., 22, 283—298, 1926.
19. Williams, Интенсивность света в воде залива Пьюджет-Саунд при измерении в горизонтальном направлении и снизу вверх, Pub. Puget Sound Biol. Station, 7, 129—135, 1929.
20. Poole and Atkins, Фотоэлектрические измерения подводного освещения на протяжении года, Journ. Marine Biol. Assoc. of United Kingdom, 16, 297—324, Plymouth, 1929.

21. Clarke, Наблюдения над проникновением дневного света в воду посреди Атлантического океана и в прибрежных районах, *Biol. Bulletin*, 65, 317, 1933.
22. Stephenson, Поглощение света морской водой, *Trans. Optical Soc. of Amer.*, 24, 220, 1934.
23. Utterback and Jorgensen, Поглощение дневного света водой в северной части Тихого океана, *Journ. Conseil Int. pour L'exp. de la mer*, 9, 197, 1934.
24. Clarke, Сезонные изменения интенсивности подводного освещения в районе Вудс-Хоула, *Ecology*, 19, 89—106, 1938.
25. Clarke, Проникновение света в воду в Карибском море и в Мексиканском заливе, *Journ. of Marine Research*, 1, 85—94, 1938.
26. Clarke, Наблюдения над прозрачностью воды в юго-западном районе северной части Атлантического океана, *Sears Found. J. Marine Research*, 4, 221—230, 1941.
27. Sverdrup, Johnson and Fleming, *Океаны*, Prentice-Hall, Inc., New York, 1942. (См. главы 2 и 3.)
28. Руководство по водолазному делу, Navy Department, Bureau of Ships. U. S. Govt. Printing Office, 1943. (См. стр. 52—61. Четырнадцать помещенных в книге снимков, сделанных во время проведенных испытаний, показывают, что лимонно-желтый светофильтр улучшает видимость в очень мутной воде.)
29. Jenkins and Bowen, Прозрачность океанской воды, *Journ. Optical Soc. of Amer.*, 36, 617, 1953.
30. Whitney, Угол рассеяния света в воде естественных водоемов, *Sears Found., Journ. Marine Research and Contribution No. 295*, Woods Hole Oceanographic Institute, 1941.
31. Наблюдения над прозрачностью воды в юго-западном районе северной части Атлантического океана, *Contribution No. 306*, W. H. O. I., 1941.
32. Jerlov, Цветные светофильтры для ослабления света эквивалентно ослаблению света морской водой, *Journ. du Conseil*, 20(2), 156—159, 1954.
29. Nan'niti, Соотношение между коэффициентом мутности и прозрачностью воды, коэффициентами ослабления, поглощения и рассеяния света, *Par. Meteor. and Geoph.*, 5(1), 96—97, 1954.
30. Ivanoff, 0 коэффициенте поляризации солнечного света в морской воде, *C. R. Acad. Sci., Paris*, 241(24), 1809—1811, 1955.
31. Waterman, Характер поляризации света в подводном освещении, *Science*, 120, п. 3127, 927—932, 1954.

II. Приборы для световых измерений под водой

1. Utterback and Higgs, Подводный фотометр для исследования распределения дневного света в морской воде, Journ. Optical Soc. of Amer., 28, n. 4, April 1938 (библиогр.—7 назв.).
2. Gall and Atkins, Фотоэлектрический прибор для измерения подводного освещения, сконструированный для исследовательского судна США «Атлантик», Journ. Marine Biol. Ass., 17, 1017, 1931.
3. Ford, Мореходный фотоэлектрический колориметр, Analytical Chemistry, 22, 1431, 1950. (Не подводный прибор, а прибор мореходной конструкции.)

III. Аппаратура для подводной съемки

1. Ewing, Vine and Worzel, Фотографирование дна океана, Journ. Optical Soc. of Amer., 36, n. 6, June 1946. (Обзор аппаратуры для глубоководного фотографирования, библиогр.—47 назв.)
2. Thorndike, Широкоугольный объектив для подводной камеры, Journ. Optical Soc. of Amer., 40, n. 12, Dec. 1950.
3. Dugan, «Батиграф» Кусто, предварительное сообщение, Photo. Eng., 2, n. 1, Jan. 1951.
4. Chesterman, Фотографирование под водой, Functional Photography, 1, 5—8, May 1950. (Кинокамера для съемки на глубинах до 91,5 м [300 футов] с выведенными наружу бокса рукоятками управления наводкой на резкость и диафрагмой.)
5. Bucher, Подводная фотография, Photo-France, 1, 6—10, Aug. 1950. (Заметки о цветной съемке камерой «Роллейфлекс» при идеальных условиях с диафрагмой 4,5 и выдержкой $\frac{1}{50}$ сек.)
6. Jenner, Экспериментальная подводная камера и осветитель, Photo. Eng., I, 139, Oct. 1950. (Шесть вариантов электронной импульсной лампы с промежутком между вспышками 3 сек.)
7. Ulrich, Фотографирование на больших глубинах, Foto-Kino-Technik, 4, 187, июнь 1950. (Камера «Робот» и электронный импульсный прибор с наименьшим интервалом между вспышками 8 сек.)
8. Tee Van, Подводная киносъемочная камера, Bull. N. Y. Zoological Soc., 41—45, March — April 1928
9. Emery, Подводная съемка камерой «Бентограф», The Scientific Monthly, 75, n. 1, July 1952.
10. Камера с электрическим приводом для глубоководного фотографирования, Scientific American, 116, 483, May 19, 1917.

11. Bartsch, Кинокамера для съемки морского дна, 136, 127—128, Jan.- June 1927.
12. Thorlildike, Цветокоррогированный объектив для подводного фотографирования, Journ. Optical Soc. Amer., 45, 584—585, 1955.
13. Shumway, Выдерживающие высокое давление штепсельные разъемы и действующие силой тяжести переключатели для установок глубоководного фотографирования, Deep Sea Research, 1, 121—125, 1954.
14. Edgerton and Hoadloy, Камеры и осветительные приборы для подводной съемки, Journ. Soc. Motion Picture and Television Eng., 64, 345—350, July 1955.

IV. Техника подводной съемки

1. Collins, Подводное фотографирование, Photo. J., 90 B, 24, Jan.— Feb. 1950. (Работа, проведенная британским военно-морским флотом; исследование спектрального состава света, освещение ртутными лампами.)
2. Hahn, Перспективы глубоководного фотографирования, P. S. A. Journ., Section B, June 1950. (Приведена обширная библиография.)
3. Mancrief, История развития подводного фотографирования, P. S. A. Journ., 17, п. 11, Nov. 1951.
4. Conger, Техника подводной киносъемки, применяемая в военно-морском флоте США, Journ. Soc. Motion Picture and Television Eng., 55, 627—634, Dec. 1950.
5. Johnson, Подводная киносъемка, Journ. Soc. Motion Picture Eng., 3—17, Jan. 1939.
6. Deribere, Подводное фотографирование, Les Editions Prisma, Paris, 1952.
7. Rebikoff, Подводная фотография, Publications Paul Montel, Paris, 1952.
8. Rebikoff, Подводная цветная фотография с использованием электронной лампы-вспышки, Science et Industries Photographiques, серия 2, 23, август 1952.
9. Dupont, В маске и с камерой под водой, Dodd, Mead and Co., New York, 1940.
10. Longley, Подводная фотография, Encyclopedia Britannica, 14 edition, 17, 833, 1929.
11. Tee Van, Методы подводной фотографии. Приложение к книге Beneath Tropic Seas, W. Beebe, G. P. Putnam's Sons, New York, 1928.
12. Davis, Ныряние на большие глубины, Saint Catherine Press Ltd., London, 1951 (стр. 237—244).
13. Conger, Подводная киносъемка. В книге American Schematographers Handbook and Reference Guide, 8 th Edition, by Jackson Rose, 1953.

14. Greenberg, Подводная фотография, Leica Photography, 5, n. 4, Winter 1952.
15. Owen, Глубоководное фотографирование и некоторые новейшие применения стереоскопии, Photogrammetric Engineering, 17, n. 1, 1951.
16. Harvey and Baylor, Глубоководное фотографирование, J. Marine Research, 7, n. 1, 1948.
17. Semor and Grove - Palmer, Усовершенствованная техника высокоскоростной фотографии, Brit. Journ. of Applied Physics, 3, u. 10, Oct. 1952. (Использование камеры «Фастакс» при исследовании подводных взрывов. Содержит данные о свойствах воды.)
18. Northrop, Фотографии дна океана к югу от мыса Код, Bull. Geological Society of America, 62, 1381, 1951.
19. Swanker, Некоторые замечания по подводной цветной фотографии, Journ. Bio. Photo. Assoc., 23(1), 36—37, 1955.
20. Подводная фотография с примененном легководолазного аппарата, Japan, Maritime Safety Board, Publ. 981, Hydr. Bull. No. 45, 263—268, 1954.
21. Cross, Подводное фотографирование и телевидение, Exposition Press, New York, 1954.
22. Vevers, Фотографирование морского дна, Journ. Mar. Bio. Assoc. U. K., 30, 101 — 111, 1951.
23. Hans Hass, Фотоохота на морском дне, Heering-Verlag in Harzburg, 1942.
24. Hans Hass, Я фотографировал в семи морях, Heering-Verlag in Seebruck am Chiemsee, 1955.
25. Stackpole, Подводная съемка аппаратом «Лейка», В книге Leica Manual, Morgan and Lester, New York, 1951.

V. Подводная съемка — разная литература

1. Cousteau, Человекорыбы исследуют новый мир под водой, The Nat. Geog. Mag., Oct. 1952. (51 илл., 37 цветных.)
2. Beebe, Странствия под водой, The Nat. Geog. Mag., Dec. 1932.
3. Longley and Martin, Первые снимки дна океана на автохромных пластинках. The Nat. Geog. Mag., 51, 56—60, 1927.
4. Williamson, Двадцать лет под водой, Hale, Cushman and Flint, Boston, 1936. (Говорится о первых киносъемках под водой.)
5. Cousteau, Мир безмолвия, Harper and Brothers, New York, 1953. (64 стр. фотографий.)
6. Rebikoff, Подводные исследования, В. Arthaud, Paris, 1952. (6 цветных и 21 черно-белая фотография.)
7. Stamp, Подводное телевидение, Scientific American, 188, n. 6, June 1953,

8. Stamp, Подводное телевидение, *Discovery*, 13, п. 9, Sept, 1952.
9. Edgerton, Фотографирование подводного мира в темных глубинах моря, *Nat. Geog. Mag.*, 107(4), 523—537, 1955.
10. Klingel, Culver, Сто часов под водой в Чесапикском заливе, *Nat. Geog. Mag.*, 107(5), 681—696, 1955.
11. Folco Quilci, Голубой континент, *Rinchart and Co.*, New York, 1954.
12. Thorndike, Гидроскопы, *Trans. A. G. U.*, 36(3), 470—472, 1955.
13. Dietz, Марганцевые донные отложения в северо-восточной части Тихого океана, *California Jour. Mines and Geology*, 51(3), 209—220, 1955.
14. Shepard and Emery, Подводное фотографирование калифорнийского побережья, *Journ. of Geology*, 54(5), 306—321, 1946.

VI. Литература по наземной съемке и оптике

1. Sears, Оптика, *Addison-Wesley Press*, Cambridge, Mass., 1949.
2. Светофильтры для применения в науке и технике, 18-е издание, *Eastman Kodak Company*, Rochester, New York, 1951.
3. Пленки фирмы «Кодак», изд. 5, *Eastman Kodak Co.*, Rochester, New York, 1951.
4. Светофильтры и насадки на объективы, *Eastman Kodak Co.*, Rochester, New York, 1951.
5. Светофильтры и поляроиды, *Eastman Kodak Co.*, Rochester, New York, 1951.
6. Пленки «Кодахром» для малоформатных фотоаппаратов и кинокамер, *Eastman Kodak Co.*, Rochester, New York, 1951.
7. Цвет, воспринимаемый глазом и фотографируемый, *Eastman Kodak Co.*, Rochester, New York, 1951.
8. Цветное фотографирование на открытом воздухе, *Eastman Kodak Co.*, Rochester, New York, 1951.
9. Цветные пленки «Кодак», *Eastman Kodak Co.*, Rochester, New York, 1951.
10. Пленки «Анско» для черно-белой съемки, *AnSCO Co.*, Binghamton, New York, 1951.
11. Снимать в цвете стало проще, *AnSCO Co.*, Binghamton, New York, 1951.
12. Lipton, Современная электронная вспышка, *Photography*, April 1953. (Приводится список большинства промышленных электронных импульсных ламп, их характеристики и стоимость.)

13. Mohler and Loofbourpw, Оптические светофильтры, Amer. Journ. of Physics, 20, п. 8, 9, Nov. and Dec. 1952.
14. Руководство по наблюдению на расстоянии, ANL-4903 Argonne National Laboratory, 1952. (Рассматриваются вопросы наблюдения ядерных процессов сквозь толстые жидкостные окна, искажения, аберрации и т. п.)
15. Hardy and Peggин, Законы оптики, McGraw, Hill Co., 1932.
16. Neblette, Фотография, ее материалы и процессы, Van Nostrand Co., 1950.

VII. Литература по разным вопросам

1. Schenck and Kendall, Автономное ныряние и подводная охота, Cornell Maritime Press, 1953
2. Frocht, Фотоупругость, Vol. I, Sons, Inc., New York, 1941.
3. Timoshenko, Сопротивление материалов, D. van Nostrand Co., New York, 1941.
4. Timoshenko, Теория упругости, McGraw Hill Co New York, 1934.
5. Marks, Справочник инженера-механика McGraw Hill Co., 1941.
6. Echo, Remely and Simmons, Свойства прозрачных листовых пластмасс при повышенной и комнатной температуре, WADC Technical Report, 52— 38, 1953.
7. Schenck, Руководство по автономному нырянию и подводной охоте в американских водах, Cornell Maritime Press, Cambridge, Maryland, 1955

- «Аквафлекс» — 63, 71
- Батарейно-конденсаторная схема — 75 и рис. 35.
- «Батиграф» — 71
- «Бентограф» — рис. 57
- «Брауни» (фотокамеры) - 136
- Брюстера угол — 20
- Ведущее число — 42, 148, 153
- Взвешенные частицы - 22, 120
- Водонепроницаемые боксы для камер — 51 - 73, 84 - 103
- материалы — 52, 90
- напряжения (в материалах) — 85 - 90
- органы управления — 55
- промышленного изготовления — 63 - 73
- Волнение на поверхности моря — 109 - 112
- Вудс-Хоулский океанографический институт — 91 - 107
- Выдержка при подводной съемке — 108 - 159
- в условиях естественного освещения — 108 - 139
- в условиях искусственного освещения — 140 - 159
- примеры — 125, 143 - 145
- при черно-белой съемке — 135, 147 - 150
- Высота солнца над горизонтом — 109
- Геометрическая оптика — 13 - 18
- Герметизация — 51—63
- уплотнения — 53—59
- Глубина резкости — 32
- Глубоководное фотографирование — 84—107
- Гринберг — 163
- Дальномеры — 52
- «Желтое вещество» — 121
- Закон Снеллиуса — 13
- Запотевание (окна бокса)—170
- Изготовление водонепроницаемых боксов — 51—62
- Интенсивность света — 18 - 22
- Искажения — 16, 17
- Искусственный свет — 38 - 47, 140-159
- цветовая температура — 39-42
- Кинопулемет — рис. 17,
- Киносъемка — 70 - 73, 171 - 173
- камеры — 70 - 73
- техника — 171 - 173
- электропривод — 63

- Контрастность, контраст — 48, 166
- Коэффициент поглощения — 24
- Кривая пропускания — 25, 120—125, 128
- Критический угол — 14, 15
- Крышка бокса — 53
- Лампы-вспышки (одноразового действия) — 38 — 42, 73—77, 140—159
 максимальная глубина погружения — 74
 патроны — 74, 75
 с покрытой голубым лаком колбой — 39, 156
- Легководолазное снаряжение — 173—177
- Мнимое изображение — 16
- Мутность воды — 23, 157
- Напряжения (в материалах) — 85—90
- Объектив — 16—18, 32
 искажения — 16, 17, 33
 относительное отверстие — 116
 угол поля зрения — 16
 широкоугольный — 16, 32, 33
- Окна (водонепроницаемых боксов) — 54, 85—90
 запотевание — 170
 напряжения (в стекле) — 85—90
- Отражение (света) — 14, 15, 108—112
- Оуэн — 91
- Педерсонов метод — 156
- Пластмассы — 59
- Пленки — 47—50, 137, 167, 170
 обработка — 105, 165, 167, 170
 цветные — 49, 107, 170
- Поглощение (света) — 22—30, 113—119
 водой естественных водоемов — 113—119
 инфракрасных лучей — 113
 лабораторные измерения — 120
 избирательное — 113—119
- Подводные осветители — 73—84
- Подводные фотографии — 104—106
- Подкачка воздуха (в бокс) — 59, 71—73
- Подсветка осветительной вспышкой — 155—157
- Показатель преломления — 13
- Поляризация (света) — 19, 131
- Преломление (света) — 13, 108—112
- Пробные съемки — 160—163
- Прокладки — 53
- Рассеяние (света) — 22—30, 128, 130—133
 интенсивность рассеянного света — рис. 49
 коэффициент — 23
 рэлеевское — 28, 130—133
- Рассматривание стереопары с помощью зеркала — рис. 65.
- Ребиков — 46
- Рефлектор лампы-вспышки — 77
- Сальник — 58, рис. 14
- Свет от неба — 109
- Светофильтры — 25, 120—133, 148—150, 153
 желтые — 118, рис. 49, 131, 132
 корректирующие — 120 — 130, 148—150, 153
 красные — 122—126
 кратность — 118, 125, 126
 поляризационные — 131 — 133
 пурпурные — 130
- Секки диск — 24
- Синхронизация (вспышки) — 140
- Спектр — 18
- Ссылки на источники (библиография) — 12, 178—185
- Стереосъемка — 36, 93—99, 146

- Съемка крупным планом — 32, 139
- Съемочные аппараты—32—38
- Техника лабораторной обработки — 105—170
- Техника подводной съемки — 100—177
- «Торпеда» — 46
- Угол отражения — 14
- Угол падения — 13
- Угол поля зрения —16
- Угол преломления — 13
- Уплотняющее кольцо—99, 100, рис. 40
- Ускоренная киносъемка — 173
- Факелы — 46
- «Фенджон» (фирма)—47, 68, 70
- Фотографические аппараты — 32—88
- формат пленки — 33—36
- Фотообработка —165—170
- Френеля формулы — 20
- Халберт — 127, 129
- Цветовая коррекция — 119—130, 153
- при использовании осветительной вспышки — 153—155
- психологическая — 119
- светофильтры — 120—130, 153
- Цветовая температура — 19, 39-42
- Черно-белая съемка—135,147—150
- Широкоугольный объектив — 16, 32, 33
- Эджертон — 98, 102
- Экспозиция — 108—159
- Экспонетр —62, 115—119, 147
- водонепроницаемый кожух — 62
- неверные показания—117
- «Эктахром» — 49, 167, 170
- Электролитическое разъедание — 73
- Электронная импульсная лампа — 42—46, 77—84
- электрические схемы — рис. 29 и 30
- водонепроницаемые корпуса — 77—84

О Г Л А В Л Е Н И Е

От редакции	5
Предисловие	7
Предисловие ко второму изданию	9
Глава I. Основные сведения по оптике и фотометрии	11
Геометрическая оптика	13
Интенсивность, цветность и поляризация света	18
Рассеяние и поглощение света	22
Глава II. Аппаратура и материалы для подводной	
 съемки	31
Камеры и объективы	32
Применение ламп-вспышек под водой	38
Применение электронных импульсных ламп под	
водой	46
Прочие искусственные источники света	46
Пленки	47
Глава III. Водонепроницаемые боксы для камер и осве-	
 тителей	51
Изготовление боксов для мелководной съемке	51
Кожухи для экспонометров	62
Боксы промышленного изготовления для мел-	
ководной съемки	63
Боксы для фотоаппаратов	63
Боксы для кинокамер	70
Лампы-вспышки и осветители	73
Изготовление электронной импульсной лампы	77
Глубоководное фотографирование	84
Глубоководное фотографирование в Вудс-Хо-	
уле, Д.М. Оуэн	91

Глава IV. Экспозиция при подводной съемке в условиях естественного освещения	108
Отражение и преломление света	108
Избирательное поглощение света водой	113
Цветовая коррекция	119
Рассеяние света	130
Краткие выводы по определению экспозиции при цветной съемке	133
Краткие выводы по определению экспозиции при черно-белой съемке	135
Общие замечания	136
Применение под водой простых съемочных аппаратов	136
Глава V. Экспозиция при подводной съемке в условиях искусственного освещения	140
Черно-белая съемка с осветительной вспышкой	143
Краткие выводы по определению экспозиции при черно-белой съемке	147
Цветная съемка с осветительной вспышкой	150
Краткие выводы по определению экспозиции при цветной съемке	153
Подсветка осветительной вспышкой	155
Съемка в очень мутной воде	157
Глава VI. Техника подводной съемки	160
Использование бассейна для плавания	160
Фотосъемка в воде естественных водоемов	163
Черно-белая фотография под водой, <i>Джерри Гринберг</i>	163
Киносъемка в воде естественных водоемов	171
Легководолазное снаряжение и его применение	173
Библиография	178
I. Фотометрия под водой	178
II. Приборы для световых измерений под водой	181
III. Аппаратура для подводной съемки	182
IV. Техника подводной съемки	182
V. Подводная съемка – разная литература	183
VI. Литература по наземной съемке и оптике	184
VII. Литература по разным вопросам	185
Предметный указатель	186

Г. Шенк, Г. Кендалл

ПОДВОДНАЯ СЪЕМКА

Редактор А. А. Фомин

Оформление художников *К. И. Агроскина* и *Р. С. Файерштейн*

Художественный редактор *З. В. Воронцова*

Технический редактор *З. Я. Малек*

Корректор *С. М. Гоманюк*

Сдано в набор 14/XII 1959г. Под к печ.
22/IV 1960 г. Форм. бум. 84x108¹/₃₂.
Печ. л. 6. (условных л. 9,84). Уч.-
изд. л. 8,83. Тираж 10 000 экз. А02663.
«Искусство».

Москва, И-51, Цветной бульвар, 25,
Изд. № 16264. Зак. тип. 3856.

Первая Образцовая типография имени
А. А. Жданова
Московского городского Совнархоза
Москва, Ж-54, Валовая, 28.

Цена 4р. 45 к.