

40 коп.

**Р. А. ТАКРАНОВ,
А. С. ШУСТЕРМАН**

**ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ
ФОТОДОКУМЕНТАЦИЯ
ГОРНЫХ
ВЫРАБОТОК**



НЕДРА

**Р. А. ТАКРАНОВ,
А. С. ШУСТЕРМАН**

**ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ
ФОТОДОКУМЕНТАЦИЯ
ГОРНЫХ
ВЫРАБОТОК**



МОСКВА „НЕДРА“ 1984

УДК [550.8+622.14]:77.03

Такранов Р.А., Шустерман А.С. Геологическая фотодокументация горных выработок. — М.: Недра, 1984. 112 с.

Рассматривается методика геологической фотодокументации подземных и открытых горных выработок. Описаны горно-геологические условия, фотометрические предпосылки, способы и средства фотосъемки, лабораторной обработки, вопросы систематизации дешифровочных признаков и приемы опознавания геологических объектов, способы составления чистой геологической документации, а также использования материалов фотодокументации для решения геологических и смежных задач. Впервые в сводном виде излагаются разработанные авторами методы геологической крупномасштабной фотодокументации открытых разработок, особенности съемки выработок угольных шахт, приемы оперативной оценки качества полезного ископаемого с использованием фотоснимков.

Для инженерно-технических работников, может быть полезна студентам геологической специальности вузов и учащимся техникумов.

РОБЕРТ АНДРЕЕВИЧ ТАКРАНОВ,
АРКАДИЙ СЕМЕНОВИЧ ШУСТЕРМАН

ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ФОТОДОКУМЕНТАЦИЯ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

Редактор издательства В.Л. Знаменский
Обложка художника О.П. Калинина
Художественный редактор Е.Л. Юрковская
Технический редактор Л.С. Гладкова
Корректор А.В. Толстова
Оператор И.А. Налейкина
ИБ № 4774

Подписано в печать 27.02.84. Т—06923. Формат 60×90 1/16
Бумага офсетная № 2. Набор выполнен на наборно-пишущей машине типа ИБМ
"Композер". Гарнитура "Универс". Печать офсетная. Усл.печ.л. 7,0.
Усл.кр.-отт. 7,38. Уч.-изд.л. 8,00. Тираж 2800 экз. Заказ 1842 /8741—2.
Цена 40 коп.

Ордена "Знак Почета" издательство "Недра", 103633, Москва, К-12, Третьяковский проезд, 1/19

Московская типография № 9 Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательства, полиграфии и книжной торговли.
Москва Ж-33, Волоколамская, 40.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Значительные объемы подготовительных, добычных и горно-разведочных работ, высокие темпы проходки выработок, широкое использование высокопроизводительных машин и механизмов — все это характеризует современное геологоразведочное и горно-эксплуатационное производство. Однако его геологическая обеспеченность по своему качеству и оперативности не соответствует необходимому организационно-техническому уровню освоения месторождений на стадии их разведки и эксплуатации. Это несоответствие особенно ярко проявляется на открытых разработках, среди которых уже немало карьеров-гигантов с огромным объемом добычи и вскрыши, многокилометровым быстро обновляемым фронтом уступов, уникальными горнодобывающими механизмами. Прогрессу в горном и разведочном деле не отвечают существующие способы и средства получения геологической информации. Основой методики и технической оснащенности первичной геологической документации являются визуальные наблюдения и измерения простейшими приборами (рулеткой, компасом) по определенной сети и только в непосредственно доступных местах. Поэтому геологическая информация и соответствующие первичные документы часто носят схематичный характер, низкоточны и во многом субъективны, так как зависят от уровня знаний, навыка и опыта работы геолога. Кроме того, повышение детальности и точности зарисовок вызывает увеличение затрат труда и времени, сдерживает работы проходческого цикла. Отмеченные недостатки усугубляются после закрепления или ликвидации выработок, когда проверка и корректировка зафиксированной геологической ситуации становится невозможной.

Перспективным направлением усовершенствования методики геологической документации является использование фотографии и ее фотографического направления. Фотографический метод геологической документации позволяет значительно повысить качество и объективность первичных геологических материалов, а также производительность и безопасность труда геолога. Кроме того, по фотоснимку можно изучать геологическое строение участков, недоступных для непосредственных наблюдений. Фотодокументация производительнее и дешевле обычных методов.

Систематические исследования по геологической фотодокументации начались в 50-х годах и продолжают по двум направлениям: при первом усовершенствуется методика стереофотограмметрической съемки карьеров для комплексного решения маркшейдерско-геологических задач на основе составления планов и разрезов в масштабе 1:1000—1:2000; при втором разрабатывается методика детальной геологической документации горных выработок в масштабе 1:100—1:500 на основе фотосъемки портативными камерами. Последнее направление развивалось авторами с целью детальной разработки и внедрения в практику методики упрощенной фотограмметрической геологической документации подземных

открытых выработок. Исследования проводились на месторождениях различных полезных ископаемых, разрабатываемых подземным и открытым способами. Фотометод внедрялся в практику геологических работ на угольных, сланцевых шахтах и карьерах, а также на разведываемых месторождениях цветных металлов.

В работе обобщены научные и практические достижения по использованию фотографии и изучению пород и полезных ископаемых. В ней в достаточном объеме охвачен весь круг вопросов, связанных с подготовкой и проведением фотосъемки, с лабораторной и фотограмметрической обработкой фотоматериалов, их дешифрированием и составлением первичной геологической документации. Наряду с методическими рекомендациями рассматриваются результаты изучения фотограмметрических предпосылок, выбора оптимальных условий фотодокументации выработок и интерпретации снимков, выявления и систематизация дешифровочных признаков, оценки точности и использования материалов фотодокументации для решения задач геологоразведочного и горно-эксплуатационного назначения.

Впервые описываются разработанная авторами методика геологической крупномасштабной фотодокументации открытых разработок, особенности фотодокументации подземных горных выработок угольных и сланцевых шахт, приемы оперативной оценки качества полезного ископаемого по материалам фотодокументации.

Вместе с авторами в исследованиях принимали участие Е.Л. Аствацатуров, А.С. Забродин, К.Л. Кокорева, Л.М. Панова и С.Д. Тихонова. Р.А. Такрановым написаны введение, главы II; III; VII; X; разделы 2, 3, 5, 6 гл. VIII, разделы 1, 2, 3 гл. IX; А.С. Шустерманом — главы I, IV; V; VI; разделы 1 и 4 гл. VIII, раздел 4 гл. XI.

Глава I. ОСНОВЫ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ФОТОДОКУМЕНТАЦИИ

1. ФОТОГРАММЕТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СНИМКА

Основой традиционного способа геологической документации является зарисовка, представляющая собой ортогональную проекцию документируемой поверхности на плоскость. Методы геологической фотодокументации основаны на геометрических свойствах одиночных снимков. Фотоснимок, в отличие от зарисовки, является центральной проекцией, т. е. проекцией, в которой изображение образуется лучами, идущими от точек объекта и проходящими через центр проекции, которым является задняя узловая точка объектива аппарата (рис. 1.). Линия, проведенная через перпендикуляр, опущенный из задней узловой точки на плоскость снимка P , называется главным лучом, или оптической осью. В месте пересечения оптической осью $o O$ плоскости снимка расположена главная точка снимка O . Расстояние по перпендикуляру от задней узловой точки объектива до снимка является фокусным расстоянием (f). Расстояние от передней узловой точки до фотографируемой поверхности называется отстоянием (L). Отношение фокусного расстояния к отстоянию ($\frac{f}{L}$) есть масштаб снимка.

Для решения ряда фотограмметрических задач, в частности для определения по снимкам элементов залегания геологических структур, для привязки объектов документации к пунктам опорной сети и т.п., необходимо подготовить фотоаппарат следующим образом: 1) на кадровом окне устанавливаются координатные метки, которые фиксируются на снимке (см. рис. 16, 17); 2) на матовой грани пентапризмы зеркальных камер наносятся координатные оси; 3) определяются элементы внутреннего ориентирования фотокамеры.

1. Координатные метки на кадровом окне малоформатного фотоаппарата могут быть установлены в механических мастерских. Метки представляют собой равнобедренный треугольник, основание которого совпадает с контуром кадрового окна, а вершина обращена либо внутрь кадра, либо в противоположном направлении.

В первом случае координатные метки изготавливаются вместе с дополнительной металлической (латунной) кадровой рамкой. Наружные размеры рамки соответствуют размерам кадрового окна аппарата. Сторона треугольника координатных меток не должна превышать 0,5 мм. Рамка тщательно выветривается на параллельность координатных осей (мнимые линии, соединяющие противоположные координатные метки) сторонам кадра и на симметричное расположение координатных меток, после чего она закрепляется приливами в фильмовом канале аппарата.

Во втором случае координатные метки пропиливаются трехгранным надфилем в кадровом окне под углом 45° к его плоскости по предварительно изготовленному и выверенному шаблону.

Проверка на горизонтальность и вертикальность координатных осей

при установленном в горизонтальном положении аппарате производится с помощью нити отвеса и горизонтально расположенного геометрически правильного бруска, сверяемая грань которого установлена на уровне горизонтальных координатных меток. Проектирование изображения нити и бруска производится на приставное матовое стекло при открытой задней крышке аппарата.

2. В процессе визирования в поле зрения видоискателя необходимо определять положение объекта съемки относительно координатных осей кадра. Соответствующие оси с достаточной для визирования точностью можно прочертить штихелем или резцом на матовой грани пентапризмы (грань, обращенная к откидному зеркалу) видоискателя, соединяя середины противоположных сторон его рамки.

3. Определение элементов внутреннего ориентирования камеры заключается в уточнении фокусного расстояния рабочего объектива (f) и вычислении координат главной точки снимка. Определение производится по методике, в общих чертах аналогичной определению тех же параметров фототеодолитов [14]. В современных малоформатных фотокамерах точка пересечения координатных осей снимка (горизонтальной x и вертикальной z) или точка пересечения линий, соединяющих середины противоположных сторон кадра, совпадает с главной точкой снимка или отклоняется от нее на некоторые небольшие величины δ_x и δ_z , которые называются координатами главной точки. Величины δ_x , δ_z и f являются элементами внутреннего ориентирования. Они определяют взаимное положение снимка и центра проекции.

Непараллельность кадровой рамки и фотографируемой поверхности, или неперпендикулярность оптической оси и фотографируемой поверхности, приводит к тому, что масштаб изображения в разных частях снимка будет различным. В этом случае геометрические фигуры на поверх-

ности не будут подобны фигурам изображения. Например, сфотографированный квадрат будет изображен на снимке в виде трапеции. Такие искажения носят название перспективных. По абсолютной величине перспективных искажения, а следовательно, и разномасштабность снимка при прочих равных условиях будут тем больше, чем больше отклонение от параллельности.

К искажению изображения приводят также и неровности фотографируемой поверхности. Выпуклости на поверхности вызывают смещение точек изображения по радиальным направлениям от центра снимка к краям, впадины — от краев к центру снимка (искажение за рельеф). По абсолютной величине эти искажения будут тем больше, чем больше отстоят выпуклости и впадины от средней плоскости фотографируемой поверхности, чем дальше от центра снимка расположено изображение выпуклостей и впадин и чем меньше отстояние.

Анализ материалов геологической фотодокументации открытых и подземных горных выработок показал, что различные условия съемки предопределяют характерные особенности снимков этих выработок. Так, фотоизображения бортов (откосов уступов) карьера имеют наиболее значительные перспективные искажения в виду наклона фотографируемых поверхностей. Искажения "за рельеф" на этих снимках из-за больших отстояний невелики. В подземных же горных выработках, где расстояние до объекта съемки, как правило, ограничено и измеряется несколькими метрами, искажения "за рельеф" приобретают существенное значение.

Искажения изображения, вызываемые дисторсией (искажением изображения) объектива, несовершенством выравнивания пленки в момент фотографирования, деформацией фотоматериалов в процессе их обработки и др., по своей величине малы и практического значения не имеют.

2. СРЕДСТВА ФОТОСЪЕМКИ

Аппаратура и приспособления. Геологическая крупномасштабная фотодокументация не требует сложной дорогостоящей аппаратуры. Для съемок можно использовать практически любую широко распространенную малоформатную камеру с размером кадра 24x36 мм. В отличие от фототеодолита малоформатный аппарат имеет меньшую точность изображения. В процессе опытных работ по геологической фотодокументации нами использовались зеркальные камеры типа "Зенит" со сменными объективами. Проведенные исследования по определению элементов внутреннего ориентирования нескольких таких камер показали, что отклонение главной точки от начала координат (за координатные оси снимка принимались линии, соединяющие середины противоположных сторон кадра) составляет не более 0,15 мм по осям x и z , а фокусное расстояние отличается от паспортных данных объектива не более чем на 0,1 мм.

Возможность применения малоформатных камер для фотограмметрических съемок без особой точности отмечалась в литературе. В работе

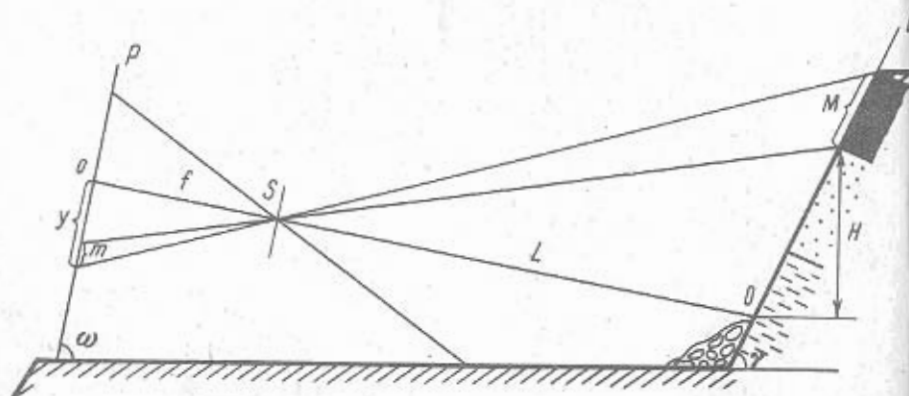


Рис. 1. Схема хода лучей при фотографировании откоса уступа в карьере.

P — плоскость снимка; E — плоскость откоса; S — центр проекции; H — видимая мощность вмещающих пород; M — истинная мощность пласта; γ — угол откоса; ω — угол наклона плоскости снимка

[7] был исследован вопрос об использовании любительских малоформатных камер типа "Зоркий", "ФЭД" для фотограмметрических съемок карьера. Авторы работы пришли к решению, что такая съемка обеспечивает требуемую Технической инструкцией точность определения положения точек как в плане, так и по высоте.

Применение для геологической фотодокументации карьеров камер типа "Зенит" в сравнении с камерами "Зоркий", "Киев", "ФЭД" имеет ряд преимуществ: возможность визуальной наводки и съемки с коротких расстояний, отсутствие параллакса визирования и др. Кроме того, конструкция большинства телеобъективов рассчитана на применение их непосредственно в камерах "Зенит", тогда как при телесъемке малоформатными камерами с дальномерной наводкой необходимо использовать переходные кольца и сменные видоискатели. Совершенствование сменных объективов к зеркальным камерам в ближайшем будущем позволит резко улучшить их оптико-технические параметры. Уже сейчас освоено производство отечественных объективов с нормальным фокусным расстоянием (50 мм) и повышенной светосилой ("Зенитар-М" 1, 7/50 мм и "Супер-Гелиос М" 1,8/50 мм), не уступающих лучшим зарубежным объективам по качеству изображения.

Характеристику серийно выпускаемых фотокамер и объективов можно найти в специализированных справочниках и руководствах.

Нами сконструирован ряд приспособлений, повышающих метрические свойства снимков. Для уменьшения перспективных искажений изображения на снимках, полученных в карьере, сконструировано специальное приспособление, называемое штангой-штативом (рис. 2). Приспособление позволяет производить съемку откосов уступов аппаратом, поднятым над площадкой уступа на высоту 7—8 м. Оно дает возможность наклонить аппарат в сторону откоса и максимально приблизить к параллельности плоскости снимка и объекта.

Штанга-штатив состоит из телескопических дюралевых труб 9 и головки, в которой закрепляется аппарат 1 (см. узел А на рис. 2). Выдвинутые трубы закрепляются с помощью винтов 2 и ориентируются друг относительно друга по рискам 3. Угол наклона головки вместе с аппаратом устанавливается по шкале 13 и штриху 12. Конструкция головки позволяет крепить аппарат так, чтобы длинная сторона его была расположена вертикально либо горизонтально в зависимости от высоты и наклона откоса уступа. Съемные головки могут быть приспособлены для различных типов аппаратов. Для дистанционного спуска затвора служат рычаг 10 и шнур 11. Визирование аппарата на объект осуществляется через окна 5, прорезанные в нижней трубе на уровне глаз. Размеры визирных прорезей соответствуют углу поля зрения объектива аппарата. Они могут быть изменены с помощью вкладышей. Горный компас 8, укрепляемый на горизонтальной площадке нижней трубы штанги, позволяет вести контроль за параллельностью в плане следов плоскостей снимка и откоса. Устойчивость штанги обеспечивается подпятником с шипом 7. Катушка 4 служит для фиксирования определенной длины шнура. Головка для крепления фотоаппарата фиксируется под углом, равным углу откоса. Вертикальность штанги-штатива проверяется по круглому уровню 6.

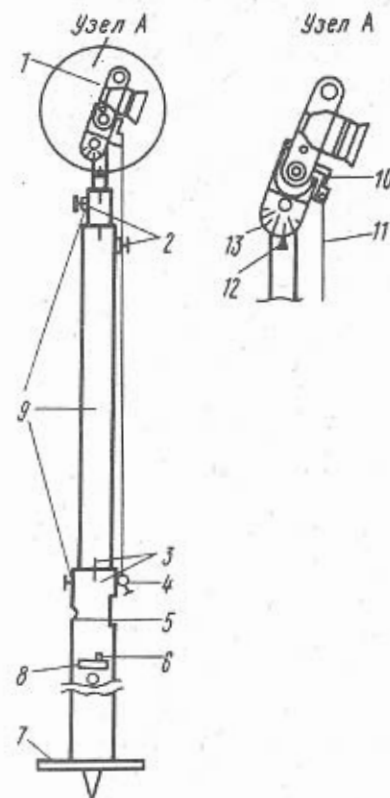


Рис. 2. Схема штанги-штатива

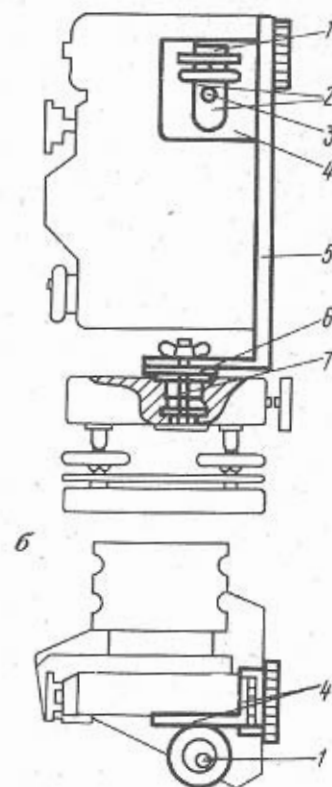


Рис. 3. Схема приспособления для крепления фотоаппарата на геодезическом штативе.

а — вид сбоку; б — вид сверху

ню 6. Масса устройства 4—5 кг. Штанга свободно удерживается в вертикальном положении одной рукой. Съемка производится после прекращения колебания штанги. Следует, однако, заметить, что небольшое раскачивание фотоаппарата на штанге практически не влияет на качество снимков и результаты измерений по ним.

Съемка в шахтах, а также телесъемка в карьерах в большинстве случаев производится со штатива. Для геодезических штативов, применяемых маркшейдерской службой, нами сконструировано несложное приспособление. Оно дает возможность быстро и точно установленный на штативе аппарат ориентировать так, чтобы любая из осей кадровой рамки могла занимать вертикальное положение. Приспособление (рис. 3) состоит из жесткой уголкового конструкции 5. Контроль за вертикальностью одной из осей производится посредством круглого уровня 1, легко фиксируемого с помощью двух фиксаторов 2 во взаимно перпендикулярных положениях. Поворот уровня на 90° производится вокруг оси 3. Крепление уровня к аппарату осуществляется с помощью угольника 4. Это крепление обеспечивает стабильную горизонтальную ориентировку опти-

ческой оси при центральном положении пузырька уровня. Втулка трегера 6 крепится к аппарату с помощью винта 7 либо непосредственно, когда положение длинной стороны кадра горизонтально, либо посредством уголковой конструкции, когда длинная сторона кадра вертикальна (как показано на рис. 3).

Для определения масштаба снимков могут использоваться любые рейки. При съемках в карьере использование стандартных реек с круглым уровнем позволяет контролировать их вертикальность. Удобны также легкие полуметровые рейки с крюком на конце, изготовленные из дюралевых труб диаметром 20 мм, с черно-белой дециметровой разграфкой. С помощью крюка рейка подвешивается за выступы пород в откосах уступов. О перспективных искажениях изображения на снимке можно судить по масштабным приспособлениям, изготовленным в виде прямоугольных шаблонов, подвешиваемых в плоскости откоса. Оптимальный их размер 2,0x1,5 м. Конструкция состоит из четырех дюралевых труб, соединенных угольниками. По шаблонам можно производить трансформацию снимков во время печати и оценивать их перспективные искажения. В качестве масштабных приспособлений при съемке в шахте рекомендуется использовать складной деревянный метр с засечками через 2 см на 1/5 части метра и через 20 см на остальной части. Для снятия бликов с плоскостей спайности или отдельности пород можно использовать поляризационный фильтр типа ПФ-4 с кратностью, равной 3—4.

Экспозиция при геологической фотодокументации наиболее точно определяется методом расчета с учетом всех факторов, влияющих на освещенность изображения в фокальной плоскости. Интегральную освещенность в карьере можно получать с помощью экспонетров. Допущенные при этом неточности в оценке экспозиции компенсируются большой фотографической широтой современных фотоматериалов.

Для освещения объектов фотографирования в шахтах могут применяться электронные фотовспышки разных конструкций, электрические лампы, питаемые от рудничной сети, и переносные индивидуальные светильники. В шахтах, опасных по газу и пыли, должны использоваться искровзрывобезопасные фотовспышки типа "Фотон". Фотовспышка "Фотон" (рис. 4) имеет следующие технические параметры: напряжение питания 4,65 В, продолжительность импульсного света 1400 с, максимальная энергия импульсного света 30 Дж, число вспышек от одного комплекта (3 шт.) батарей 373 — не более 30, интервал между вспышками 1—1,5 мин, масса 2,2 кг.

Необходимая величина диафрагмы фотоаппарата может быть определена при помощи таблиц и калькуляторов, прилагаемых к фотовспышкам, или делением ведущего числа на отстояние. Однако в таблицы следует вводить установленные опытным путем поправки для случаев съемки в шахтах с преобладанием светлых пород или углесодержащих разновидностей.

Печать снимков производится на фотоувеличителях самых разнообразных конструкций. Основным требованием к увеличителю является параллельность кадровой рамки и экрана. Это требование будет соблюдено, если на проекции каждая сторона рамки имеет одинаковое увели-

чение. Наводка на резкость производится в зависимости от конструкции увеличителя либо визуально, либо автоматически, либо по клину. Визуальную фокусировку облегчает прибор ПР-1.

При массовой печати стабилизация выдержки осуществляется электронным реле времени (ЭРВ). Для просмотра стереопар необходимо иметь простейший зеркально-линзовый стереоскоп.

Фотоматериалы. Объекты, снятые на обычную черно-белую пленку, различаются по степени почернения эмульсии, т. е. по тону изображения, который в свою очередь определяется яркостью объекта. Яркость является основной оптической характеристикой фотографируемого объекта и зависит от его отражательной способности и освещенности. При одинаковой освещенности объект съемки (при прочих равных условиях) в зависимости от отражательной способности отдельных его участков может иметь различные яркости. Интервалы коэффициентов отражения, а следовательно, и яркостей (при одинаковой освещенности) обнажений на разных месторождениях могут значительно колебаться — от неконтрастных до контрастных.

С целью выявления наиболее оптимального использования свойств фотоматериалов на конкретном месторождении (или группе месторождений) производится анализ оптических характеристик комплекса данных пород, т. е. выявляются интервалы яркостей объектов съемки. Для месторождений, на которых преобладает высокий контраст, т. е. яркостные характеристики отдельных литологических разновидностей резко отличаются друг от друга (большой интервал яркостей), желательно использовать негативные фотопленки с рекомендуемым коэффициентом контрастности, близким к 0,1, и с резольвометрической¹ широтой, превосходящей интервал яркостей не менее чем в 1,5 раза. Этим требованиям отвечают катшечные фотопленки для любительской фотографии Фото-32 и Фото-65. Сенситометрические характеристики фотоматериалов приведены в справочниках фотографа [2], сенситометрических справочниках и др. Кинопленка для профессиональной кинематографии КН-2 хотя и превосходит по своей резольвометрической широте интервал яркостей в 2,5 раза при высокой разрешающей способности, однако использовать

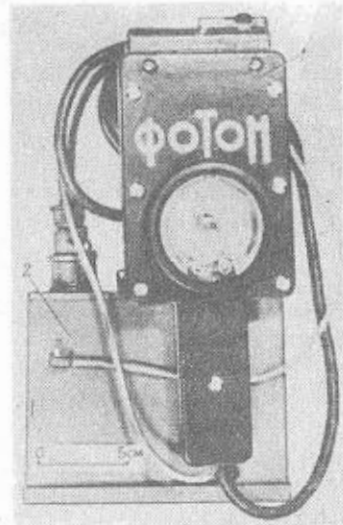


Рис. 4. Искровзрывобезопасная фотовспышка "Фотон".

1 — осветитель; 2 — блок питания

¹ Резольвометрическая широта представляет собой разность логарифмов экспозиций, при которой разрешающая способность составляет не менее 0,8 предельной величины.

ее для геологической фотодокументации не всегда удобно из-за низкого коэффициента контрастности, при котором искажается правильная передача на снимке интервала яркостей объекта.

Для малоконтрастных месторождений, на которых довольно часто встречаются близкие по яркости слои (интервал яркостей небольшой), желательно для повышения селективности изображения использовать негативные фотоматериалы с максимальным коэффициентом контрастности и наибольшей резольвометрической широтой. Этим требованиям отвечает аэрофотоупленка изопанхром 17 с коэффициентом контрастности около 2.

Величина светочувствительности негативных пленок хотя и является важной характеристикой, но решающего значения для выбора фотоматериалов при современных светосильных объективах не имеет. При использовании высокочувствительных негативных пленок необходимо иметь в виду, что им свойственны более крупное зерно и меньшая четкость изображения. Применение низкочувствительных пленок при недостаточном освещении требует увеличенной выдержки и жестко зафиксированной фотокамеры.

Выбор позитивных фотоматериалов для геологической фотодокументации также предопределяется их свойствами. Коэффициент контрастности может колебаться от 1 до 5 в зависимости от типа фотобумаги и вида ее поверхности. При съемке на малоконтрастных месторождениях использование особоконтрастных фотобумаг позволит получать на отпечатке интервалы яркостей, увеличенные до 10 раз в сравнении с натуральными, что, несомненно, повышает дешифрируемость фотоснимков. Такое максимальное увеличение интервала яркости достигается при использовании негативной пленки с коэффициентом контрастности 2 и фотобумаги с коэффициентом контрастности 5. При съемке на месторождениях с высоким контрастом использование фотоматериалов с коэффициентом контрастности, близким к единице, позволит получать на снимке неискаженные яркости, что приближает восприятие фотографического изображения к натурному.

3. СПЕЦИАЛЬНЫЕ ВИДЫ СЪЕМКИ

Стереосъемка. Стереосъемка при геологической фотодокументации используется для повышения дешифровочных возможностей, так как изображение объекта на стереопаре воспринимается с такой же глубиной, что и сам объект. Кроме того, стереопары можно использовать для определения элементов залегания геологических структур. Нормальные стереопары, когда оптическая ось перпендикулярна базису, можно получать при одновременном фотографировании спаренными камерами или при последовательной съемке одной камерой. В последнем случае можно использовать приемы "с ноги на ногу" или с предварительной разбивкой прямоугольной сети. Продольное перекрытие смежных снимков должно быть не менее 50 %, лучше, если оно составит 70 % и

более. Величина базиса должна составлять 0,10—0,25 отстояния. Поэтому при съемке в карьерах, где отстояния составляют 10—30 м, а иногда и больше, пользуются приемом предварительной разбивки сети. В шахтах для нормальной стереосъемки можно использовать перекидную планку с закрепленным на ней фотоаппаратом. Базис в этом случае равен удвоенному расстоянию от главной точки снимка до оси перекидной планки.

В литературе описаны опытные образцы спаренных фотоустановок. Основой их конструкций является штанга-базис определенной длины, на концах которой укреплены фотокамеры таким образом, чтобы оптические оси их были перпендикулярны базису. Штанга закреплена на теодолитном трегере, который установлен на штативе.

Из зарубежных образцов следует отметить среднеформатные серийные стереофотокамеры SMK 5,50808 Цейсса с базисом 400 и 1200 мм (ГДР) и Wild 32 с базисом 200, 300 и 400 мм (Швейцария).

Съемка на цветных фотоматериалах. Одним из основных диагностических признаков горных пород и минералов является их цвет. Поэтому дешифрируемость снимков с естественной цветопередачей выше, чем у черно-белых.

Спектральный состав дневного и искусственного света неодинаковый. Ввиду этого для сохранения цветового баланса на снимках при съемке в карьерах и подземных выработках необходимо использовать цветные фотоматериалы, соответствующие естественному и искусственному освещению.

Цветовой баланс фотоматериалов изменяется от партии к партии и от упаковки к упаковке. Кроме того, из-за малой фотографической широты цветных фотоматериалов при съемке объектов с большим интервалом яркостей передача цветов получается недостаточно правильной. Не менее важна для сохранения цветового баланса и правильная экспозиция. Поэтому точное цветовое соответствие на снимках редко достигается. Информативность цветных снимков выше черно-белых примерно в 1,3 раза, однако цветная фотография более трудоемка, требует высокой квалификации и поэтому экономически невыгодна.

Спектральная съемка. Фотографирование в определенных областях спектра называется спектральной съемкой. При этом контрастность некоторых геологических объектов может возрасти за счет большей разности коэффициентов яркости их компонентов. Дешифрируемость таких снимков возрастает. Изучение спектральной отражательной способности пород различных месторождений позволит решить вопрос о целесообразности спектральной съемки. Так, например, по данным Е.Л. Астацатурова, нельзя ожидать существенного улучшения дешифрируемости снимков угленосных толщ при съемке в отдельных видимых лучах спектра из-за монотонности окраски пород. Лишь в инфракрасной области возможно некоторое улучшение результата.

Для спектрального фотографирования применяются фотоматериалы, чувствительные к определенной зоне спектра, и светофильтры, поглощающие остальные лучи.

Инфракрасные съемки при крупномасштабных геологических работах пока еще не нашли должного применения, хотя в аэрогеологии есть положительный опыт использования снимков, полученных от экспонирования инфракрасными лучами, для решения геологических задач.

Глава II. ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ФОТОДОКУМЕНТАЦИИ

Успешное применение фотографии для геологических исследований в горных выработках зависит, во-первых, от геологического строения и фотографической изобразительности всего горного массива и отдельных пород, во-вторых, от горнотехнических условий, которые определяются назначением выработок, технологией их проходки, размером сечения, наличием крепления, высотой и углом откоса уступа, состоянием рудничной и карьерной атмосферы и т. д.

Фотографическая изобразительность или фотогеничность геологических объектов характеризуется выразительностью, четкостью и взаимной контрастностью фотографического изображения горных пород и структурных элементов, которое можно легко и однозначно дешифрировать. Фотогеничное изображение отличается высокой детальностью воспроизведения, а также разной степенью почернения, разным фототонном контактирующих пород (тоновым контрастом) на черно-белом снимке и цветовым контрастом — на цветном. Эти контрасты фотоизображений геологических объектов зависят главным образом от количества и спектрального состава отраженного света, которые определяются путем фотометрирования. Измеряя количество и спектральный состав света, отраженного от горных пород (образцов или массива), можно количественно оценить яркостный (оптический) и цветовой контрасты, от которых зависит селективность фотоизображения отдельных пород и фотогеничность горного массива в целом. Поэтому фотометрическая характеристика относительной фотогеничности пород является основой и предпосылкой целесообразности, а также и эффективности применения фотографии для геологической документации.

1. ФОТОМЕТРИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ

Количество отраженного света характеризует яркость предмета и оценивается коэффициентом яркости. Для определения этого основного фотометрического показателя удобно использовать универсальные фотометры ФМ-2, ФМ-58. Эти приборы действуют по принципу выравнивания двух световых потоков, сведенных в одно поле зрения. На пути одного потока помещен образец, в другом — идеальный или тарированный рассеиватель. Выравнивание яркости производится посредством изменения отверстия диафрагмы в световом потоке эталона. Отношение величин данного отверстия и полностью открытой диафрагмы характеризует относительный коэффициент яркости образца (КЯ). Абсолютный коэф-

фициент яркости равен произведению КЯ на коэффициент яркости эталона, в качестве которого используется баритовая пластина. Она является идеальным рассеивателем с коэффициентами яркости и отражения, примерно равными 0,9.

Отражательная способность (яркость) горных пород при одинаковых условиях освещения зависит в первую очередь от петрографического состава. Наиболее распространенные породообразующие и рудные минералы имеют следующие значения коэффициента яркости (в %):

кварц	30—75	доломит	30—80
альбит	60—80	сидерит	12—18
микроклин	40	пирит	18—25
диопсид	20	арсенопирит	14—25
хлорит	15—20	халькопирит	13—18
роговая обманка	9—15	сфалерит	7—10
биотит	2,5	галенит	12—15
кальцит	40—90	касситерит	8—12

Увеличение в породах количества светлых минералов вызывает закономерное увеличение отражательной способности и, наоборот, для темноцветных минералов — ее уменьшение. Эта закономерность нарушается, если темные минералы, такие как слюда, имеют совершенную спайность, которая дает световые блики. По данным В.В. Шаронова, яркостные показатели, характеризующие количество белых (светлость) и цветных (цветность) составляющих цвета магматических пород, изменяются в зависимости от количества кварца (табл. 1).

Яркоокрашенные сульфиды, такие как пирит, увеличивают, а халькопирит, галенит, сфалерит чаще снижают коэффициент яркости. По данным Г.А. и Б.А. Шеховцовых, у рудовмещающих пород, обогащенных пиритом, КН-14—18 %, халькопиритом — 11—13 %, галенитом, сфалеритом — 11 %.

Увеличение объема обуглившегося растительного материала снижает яркость угленосных пород (рис. 5). Кроме того, увеличение минеральных примесей в углях уменьшает отражательную способность (блеск) и увеличивает матовость углей. При одинаковом петрографическом составе, органической массы блестящие угли менее зольные, чем матовые. Зависимость коэффициента яркости КЯ от количества минеральных

Таблица 1

Типы пород	Содержание SiO ₂ , %	Светлость	Цветность
Кислые (граниты и др.)	Более 65	0,24	0,39
Средние (сиениты, доломиты и др.)	65—55	0,31	0,21
Основные (габбро и др.)	55—45	0,16	0,04
Ультраосновные (дуниты, перидотиты и др.)	Менее 45	0,10	0,01

Характеристика пород и углей	Коэффициент яркости, %	Среднее квадратическое отклонение	Число замеров
Богословское месторождение			
Песчаник светло-серый и серый	26,8	3,8	102
Алевролит светло-серый и серый	22,0	4,8	48
Аргиллит серый	16,7	5,8	58
Аргиллит углистый	5,5	2,0	66
Уголь матовый, зольный, чаще дюреновый	4,3	0,5	47
Уголь полуматовый	4,4	1,2	141
Уголь полуматовый, линзовидно-полосчатый	5,2	0,7	40
Уголь полублестящий	6,8	1,7	156
Уголь блестящий	23,8	2,4	21
Иркутский бассейн			
Песчаник	23,0	4,6	127
Алевролит светло-серый	26,5	4,0	43
Аргиллит и глина светло-серые	30,0	26,0	39
Аргиллит углистый	7,5	3,0	162
Уголь матовый	4,5	0,9	59
Уголь полуматовый	5,0	0,8	35
Уголь полуматовый-полублестящий	5,2	1,4	235
Уголь полублестящий	6,7	2,2	183
Уголь блестящий	23,7	—	17
Ангреновское месторождение			
Уголь матовый, фюзеновый	2,5	0,4	106

углей разных марок коэффициент КЯ (в %) равен: для марок Б 3–6; Д, Г 5–7; для К, ОС 7–9; для А 12.

Углевмещающие породы по мере увеличения степени метаморфизма имеют тенденцию к увеличению яркости, что связано с вторичной минерализацией, представленной кварцем, серицитом и т. д.

Данные табл. 2 и 2а отражают влияние размера зерна (или обломка) на яркость и отражательную способность. Это влияние не всегда однозначно. Карбонатные породы отличаются широким диапазоном изменения яркостных показателей. Например, на одном из месторождений КЯ белых мраморизованных известняков равен 70–75 %, а битуминозных разностей 10–15 %.

Одной из конкретных задач, решаемых нами на основе анализа фотометрических показателей, является разработка рациональных способов и средств геологической фотодокументации на угольных карьерах. С этой целью фотометрирование комплекса пород и углей осуществлялось на карьерах при разной естественной освещенности уступов и при разном состоянии (выветренности, обводненности) пород. Измерения проводились с помощью фотоэкспонетра на расстоянии 1 м от откоса. Яркость выражалась в условных световых (экспозиционных) числах как среднее из 5–10 измерений для однотипных разностей.

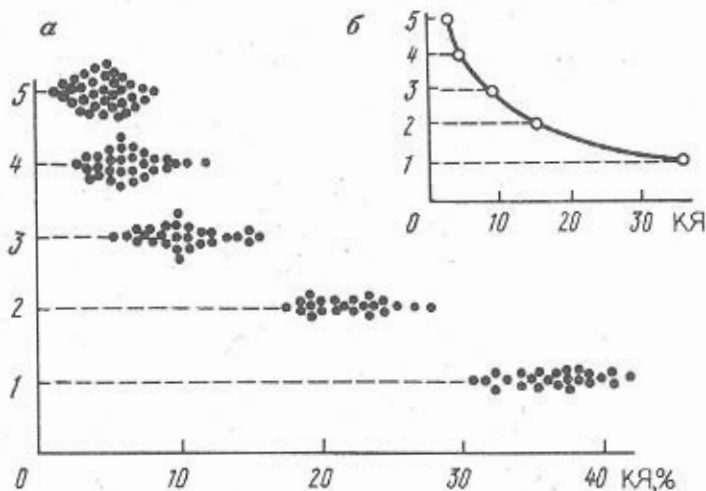


Рис. 5. Зависимость яркости пород Черноморского (а) и Богословского (б) месторождений от количества обуглившегося органического материала.

Цифры по осям координат: 1, 2, 3, 4 — аргиллиты светлые, темные, слабоуглистые, углистые; 5 — угли зольные, матовые.

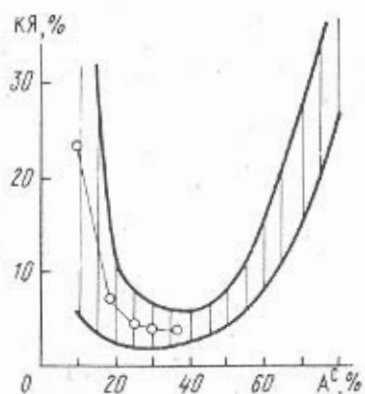


Рис. 6. Зависимость коэффициента яркости КЯ от количества золы A^c в петрографической ассоциации угля — порода для Тулун-Азвйского месторождения. Кружки обозначены данные для углей Богословского месторождения

примесей, оцениваемого зольностью A^c , в петрографической ассоциации угля — порода изображена на рис. 6. Такие закономерности являются фотометрической предпосылкой оценки зольности и основой для оперативного опробования.

Отражательная способность (блеск) углей определяется их ингредиентным составом и является основным макродиагностическим признаком углей. Простые по ингредиентному составу витреновые и сложные клареновые угли имеют повышенный блеск и называются блестящими и полублестящими углями; дюреновые сложные и фюзеновые простые по составу матовые и полуматовые угли имеют малую отражательную способность. Закономерности изменения отражательной способности углей разного макроскопического (ингредиентного) типа и вещественно-петрографического состава иллюстрируют данные табл. 2.

Отражательная способность (яркость) углей зависит также и от степени метаморфизма (углефикации). Для блестящих и полублестящих

Таблица 2а

Породы участка	Показатель яркости при разных условиях		
	Солнце	Небольшая дымка и облачность	Сплошная облачность
Гравелит светло-серый	6,9	6,0	3,2
Песчаник среднезернистый, светло-серый, серый	6,1	5,6	2,9
Песчаник ожелезненный	5,7	5,3	2,9
Алевролит	5,5	4,9	2,7
Аргиллит	5,4	4,6	2,6
Аргиллит углистый	4,5	4,0	2,5
Переслаивание углистого аргиллита и угля	4,0	3,5	2,3
Уголь матовый и полуматовый	3,8	3,1	2,0
Уголь блестящий и полублестящий	4,8	3,9	2,2
Уголь выветрелый с каолинитом и корочками кальцита по трещинам	5,1	4,2	2,4

В результате наблюдений, проведенных на участке Коркинского карьера в разных условиях освещения, установлено, что яркость пород зависит прежде всего от положения Солнца в течение дня относительно откоса, от породы и состояния атмосферы, запыленности, дыма самовозгорающихся углей (табл. 2а).

Результаты исследований, подобные приведенным в табл. 2а, позволяют указать на важную практическую особенность — при изменении освещенности яркость светлых и темных разностей пород и углей изменяется в разной степени.

Изменение яркости пород в зависимости от разного физического состояния (обводненности, выветрелости) и от характера откоса показано в табл. 3, составленной по наблюдениям, проведенным на Центральном Богословском карьере в 18 ч при солнечном освещении.

Из табл. 3 видно, что наибольшая яркость наблюдается у выветрелых разностей, что вызвано их осветлением. Повышенная водонасыщенность приводит к потемнению большинства пород и снижению их яркости. Для углей такой четкой зависимости нет. Значительное выветривание снижает фотогенетичность массива, так как затушевывает первичные признаки пород.

Фотометрирование, проведенное на карьере, показало, что при освещении солнцем относительно ровной зернистой поверхности откоса, сложенного песчаником и частично алевролитом, изменение положения Солнца в течение 9—19 час в июне не дает значительного изменения яркости пород. Это хорошо согласуется с нашими лабораторными данными и имеет практическое значение, так как наиболее соответствует обычным условиям фотосъемки. При блочном строении массива общая яркость участка значительно изменяется с изменением положения Солнца

Таблица 3

Породы	Яркость при различном физическом состоянии пород		
	Свежий излом	Выветрелые	Обводненные
Песчаник	6,1—6,4	6,4	5,5
Алевролит	5,0	5,6	4,7
Аргиллит	4,7	5,3	4,5
Углистый аргиллит	4,0	4,7	3,6
Уголь матовый и полуматовый	3,0	3,2	—
Уголь блестящий и полублестящий	3,6	4,0	3,4—3,7

и наблюдателя. Эти колебания особенно характерны для блестящих и полублестящих углей, аргиллитов с гладкими поверхностями блоков отдельностей, для крупноблочных песчаников.

Лабораторное фотометрирование проводилось на фотометре ФМ-58 по образцам пластинчатой формы с естественной поверхностью излома. Фотометрическое уравнение освещенности участков поля зрения и отсчитывание производилось 5—7 раз при каждом положении образца. Отметим, что фотометр ФМ-58 недостаточно чувствителен для определения яркости темных разностей пород.

Исследования влияния направления света на яркость проводились при изменении угла падения света i на 15° . Установлено, что коэффициент КЯ для большинства пород и углей изменяется закономерно (при наибольшей стабильности для темноокрашенных и мелкозернистых пород): наименьшая яркость при углах падения 0° и более 60° ; наибольшая — при $15-45^\circ$ (рис. 7). Эта закономерность выражена недостаточно для блестящих углей и песчаников из-за наличия световых бликов у первых и одинакового отражения от зернистой поверхности излома у вторых (см. разброс частных значений рис. 7, в).

Влияние структурно-текстурных особенностей иллюстрируется возрастанием яркости по мере увеличения штриховатости и полосчатости, обусловленной блестящими ингредиентами. Например, для Богословского месторождения КЯ (в %) изменяется следующим образом: однородные угли 3,5; линзовидно-полосчатые 5,3; штриховатые 4,3; полосчатые 7,0.

Для получения достоверного среднего значения яркости и оценки его надежности каждая разновидность пород и углей была охарактеризована не менее 10—15 образцами. Положение и характер изменения формы кривых распределения (рис. 8) позволяют судить о наиболее вероятном значении КЯ и отображают макродиагностические признаки пород и углей, их взаимосвязь и переход из одного типа в другой. По статистическим данным и дисперсионному анализу проведена сравнительная фотометрическая характеристика пород и угля, представленная в табл. 1. Из табл. 1, а также рис. 7 и 8 следует, что наиболее постоянная величина

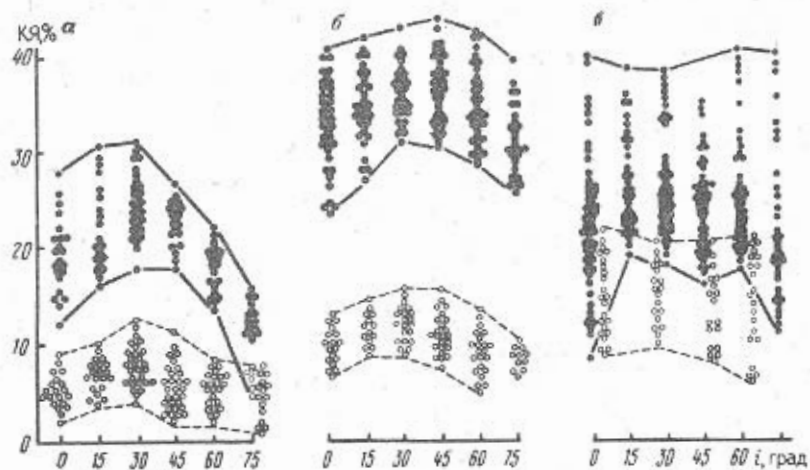


Рис. 7. Зависимость коэффициента яркости КЯ от угла падения света i для аргиллитов (а), алевролитов (б) и серых песчаников (в) Тулун-Азейского месторождения. Светлыми кружками обозначены данные для углистых разновидностей пород

КЯ у темноокрашенных пород и матовых разновидностей угля и непостоянная — у светлоокрашенных пород и блестящих разновидностей.

Лабораторные исследования подтвердили натуральные результаты уменьшения яркости влажных пород по сравнению с сухими, например, для углевмещающих пород она составила 30–60 %, для углистых разновидностей 10–15 %, для каменных углей 0–25 %, для антрацитов 0–17 %. Яркость влажного кварца, по данным А.Г. Воларович и др., равна 20–40 %, известняка 30–80 %, сульфидных руд 0 (20)–60 %.

Полная фотометрическая характеристика особенно неоднородных магматических, метаморфических, пестроокрашенных осадочных пород и руд цветных металлов определяется спектральной яркостью. Спектрофотометрические определения проводятся спектрофотометром типа СФ, электронным спектрографом ЛСИС-2, зеркальным монохроматом ЗМР-2, фотометром ФМ; на обнажениях — спектрометрами С-9 и ЛС-2. По показателям яркости, полученным в разных зонах света, строятся графики изменения спектральной яркости. Наилучшая селективность фотоизображения достигается в той спектральной зоне, в которой имеется наибольшая цветовая контрастность и которая оценивается по расположению кривых спектральной яркости. Например, для разделения красноватых кварцитов от кварцитов желтоватого оттенка съемку лучше проводить в сине-зеленом, а от зеленоватых роговиков — в красном спектрах. Яркость угля и углистых пород, по данным Е.Л. Аствацатурова, мало изменяется при разном освещении. Выбор спектральной зоны фотографирования осуществляется обычно подбором соответствующих светофильтров или спектральнональных пленок.

Исследованиями [6] установлено, что спектральная яркость возрастает с увеличением содержания в породах кварца, слюды, карбонатных

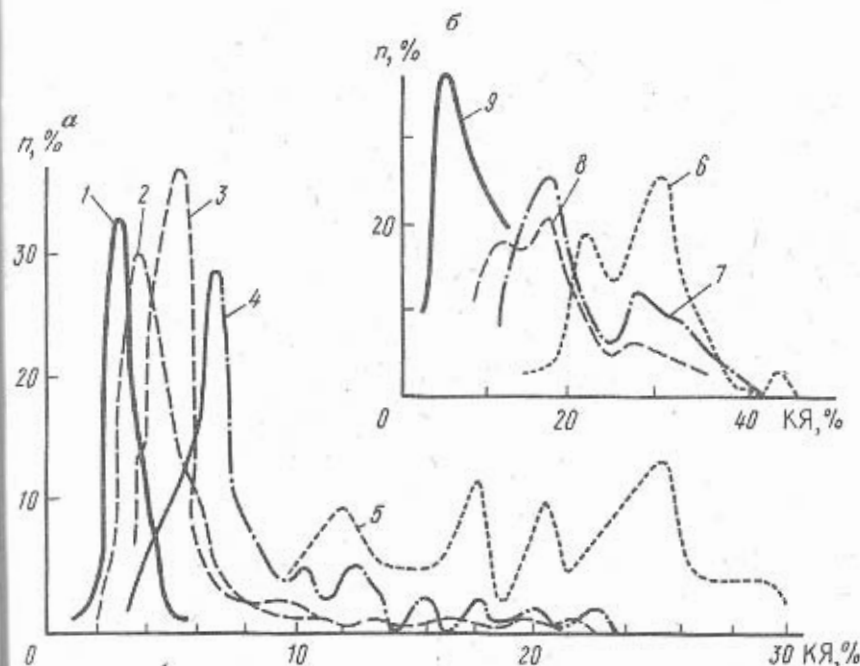


Рис. 8. Зависимость коэффициента яркости КЯ от частоты n для углей (а) и пород (б) Богословского месторождения.

Угли: 1 — матовые, 2 — полуматовые, 3 — полуматовые, переходящие в полублестящие, 4 — полублестящие, 5 — блестящие. Породы: 6 — песчаники, 7 — алевролиты, 8 — аргиллиты, 9 — углистые аргиллиты

и глинистых минералов, а также соединений с закисным растворимым железом. Увеличение окиси железа и гематита повышает яркость осадочных пород в красной зоне спектра; увеличение количества амфибола, эпидота, хлорита — в зеленой зоне. Песчаные породы имеют цветовой оттенок, когда цветных частиц не менее 20–25 %.

Фотогеничность горных массивов зависит также от наличия складчато-разрывных и фациальных нарушений (разрывов, расщеплений и т. д.). Слоистые массивы сохраняют высокую фотогеничность при нарушении залегания пород, и в зависимости от масштаба съемки на снимке четко различаются складки разного типа и размера (рис. 9). Фотогеничность разрывных нарушений в целом высокая и зависит от характера проявления сместителя (отдельная трещина или серия, зона смятия и т. д.), его заполнения и минерализации, положения относительно пластов и контактов, фотогеничности смещаемых пород. Фотогеничность кластических и магматических инъекций и разрывов во многом зависит от состава и строения инжецируемого и заполняющего материала. Выразительны инъекции и эпигенетические разрывы овражно-речного типа в угленосных породах с характерным эрозионным ложем, образованным водным потоком, более крупными обломками в нижней части разреза и т. д.

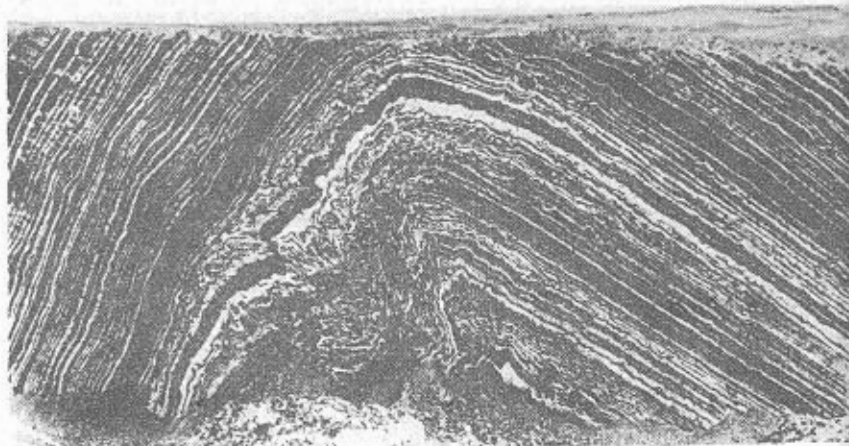


Рис. 9. Асимметричная складка с плейчатостью в массиве, сложенном пачками угля и прослоями пород. Добычной уступ Волчанского угольного карьера

Менее выразительны размывы и инъекции в близких по составу породах, размывы прибрежно-морского происхождения, согласно залегающие инъекции.

Стратиграфические несогласия, представленные базальными слоями и угловым несогласием, а также расщепления пластов, которые отличаются от контактирующих пород по составу и строению, выразительны на снимках основного масштаба фотодокументации. Текстурно-структурные элементы, такие как слоистость, более выразительны в более крупном (1:10—1:50) масштабе. Массивы, сложенные породами с постепенным фаціальным замещением, тонким переслаиванием и нечеткими контактами, не всегда фотогеничны. Поэтому при фотодокументации необходима маркировка слоев.

Оценить фотогеничность горного массива предварительно можно на основе данных о генетических особенностях и строении месторождения. Так, например, массивы угольных месторождений отличаются хорошей и удовлетворительной фотогеничностью. Фотогеничны массивы месторождений, сформированных в сбросо-грабеновых впадинах, в унаследованных и наложенных мульдах, в других структурах молодых подвижных платформ, и некоторые месторождения окраинных синеклиз древних платформ и геосинклиналей. В генетической группе месторождений молодых подвижных платформ (Ангренское, Майкубенский, Челябинский, Серовский и другие угольные районы) характерны частая смена пород разного состава и строения от грубообломочных до аргиллитов, а также сложное строение угольных пластов. Все это способствует получению полноценной первичной информации о геологическом строении месторождений по материалам фотодокументации.

Оценку фотогеничности можно провести эмпирическим путем по результатам экспериментальных съемок, используя различные фотоматериалы, фильтры, режимы экспонирования и т. п.

2. СЪЕМКА ПОДЗЕМНЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК В РАЗЛИЧНЫХ ГОРНОТЕХНИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

Результативность применения в различных горнотехнических условиях фотографии для геологической документации и условия труда при фотосъемке в подземных горных выработках во многом зависят от горнотехнических условий конкретной выработки.

Методика фотодокументации, как и визуальных зарисовок, определяется сложностью геологического строения, типом и назначением выработки. Например, сплошная зарисовка протяженных участков стенки или кровли составляется в капитальных и вскрывающих выработках, а также на участках со сложным геологическим строением; прерывистые зарисовки — в подготовительных выработках, пройденных по пласту. Виды зарисовок (фотосъемок), их размещение и сеть на конкретном месторождении определяются: 1) типом и назначением выработок, которые подразделяются на капитальные, очистные, подготовительные и вспомогательные; 2) пространственным положением выработок: вертикальные (стволы, шурфы, гезенки), наклонные (бремсберги, встающие и др.), горизонтальные (штреки, орты, штольни); 3) расположением выработки и залежи: выработки, пройденные по породе или полезному ископаемому, вдоль или вкрест напластования.

Требования к геологической изученности геологоразведочных выработок более высокие, чем к документации эксплуатационного назначения, поэтому здесь чаще всего проводится сплошная документация. Методы фотосъемки в подземных выработках зависят от площади сечения. Выработки большого сечения (капитальные, основные подготовительные, камеры) удобны для съемки, ибо в кадр помещается большая площадь. Трудности проведения съемок и снижение информативности материалов фотодокументации связаны с наличием крепления, оборудования, трубопроводов и т. п.

Качество и информативность материалов геологической фотодокументации во многом зависят от загрязненности (запыленности) и обводненности стенок, кровли или забоев выработок. Неровности ("рельеф") фотографируемой поверхности приводят к искажениям изображения, наиболее значительным на краю снимка.

Немаловажное значение имеет состояние рудничной атмосферы как с точки зрения ее прозрачности и влажности, так и взрывоопасности. Запыленность связана с работой различных механизмов при бурении, отбойке, погрузке. Орошение снижает количество пыли, но повышает влажность, что в ряде случаев влияет на спектральный состав света и искажает изобразительность на фотоснимках. В шахтах и рудниках, опасных по газу и пыли, необходимо использовать взрывобезопасное освещение.

Нередко фотосъемку приходится проводить одновременно с горнопроходческими работами. Например, в выработках с неустойчивыми боковыми породами фотодокументация проводится по мере продвижения забоя до возведения крепи. Поэтому время съемки ограничено.

С точки зрения техники безопасности фотосъемку не рекомендуется проводить в законсервированных, старых выработках, а также на участках с неустойчивой кровлей.

Для удобства использования первичных геологических материалов, полученных разным способом, целесообразно при фотодокументации учитывать традиционно принятые на данном руднике (шахте) или ГРП типы геологических зарисовок, составляемых визуальным способом.

3. СЪЕМКА В УСЛОВИЯХ КАРЬЕРА

Условия съемки на карьере определяются параметрами применяемой системы разработки, наличием внутренних отвалов, способами разрушения, отделения пород от массива и их экскавации, а также типом горнодобывающих механизмов. Как показали опытные работы, проведенные на карьерах в различных горно-геологических условиях, наиболее благоприятными для использования фотографии при геологической документации являются уступы высотой до 15 м и углом откоса более 70–75° при ширине рабочей площадки не менее 20 м. Более высокие уступы, в том числе и сдвоенные, целесообразно фотографировать с помощью телеобъективов. Съемку откоса разрезных траншей удобно вести с противоположного борта. Внутренние отвалы и нерабочий борт, удаленные на расстояние не более 800–1000 м от уступов, позволяют вести с них съемку уступов телеобъективами.

Если достигнут предельный контур карьера, то съемка обычными объективами затруднена из-за небольшой ширины рабочих площадок и затокоски борта.

Неблагоприятные для фотодокументации откосы на весьма криволинейных участках. Поверхность откосов уступов, разрабатываемых с применением буровзрывных работ, неровная, угловатая, у нижней бровки уступа часто остаются небрунные крупногабаритные глыбы — все это мешает съемке, монтажу и дешифрированию снимков.

Фотогеничность массива снижают породная мелочь и пыль, водо-грязевые потоки на откосе, оползни и обрушения, а также следы зубьев ковша экскаватора, особенно заметные в слабых породах. Плохие погодные условия, снижение прозрачности атмосферы от пыли работающих механизмов и дыма самовозгорающихся углей ухудшают фотогеничность массива и эффективность проведения съемок. Благоприятна солнечная погода при наличии легкой облачности. При пасмурной погоде снижается взаимный контраст пород, мало отличающихся друг от друга по яркости. Поэтому фотогеничность массива, сложенного такими породами, не всегда удовлетворительная, особенно при съемке телеобъективами. Дым и запыленность атмосферы карьера мешают проведению теле-съемок.

Освещение борта должно быть прямым, когда лучи нормальны к откосу. Так как борта, обращенные на север, при солнечном свете находятся в тени, то их лучше снимать при рассеянном свете в облачную погоду. Боковое освещение вызывает большие тени на откосах с весьма

неровной поверхностью и большими выступами. Наилучшие условия их съемки — при прямом и рассеянном свете.

Глава III. МЕТОДИКА ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ФОТОДОКУМЕНТАЦИИ ПОДЗЕМНЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

Геологическая фотодокументация должна отвечать требованиям, предъявляемым к первичной геологической информации и ее графическому отображению, не отличаясь по виду (типу) и масштабу от документации, принятой на данном месторождении.

Геологическую фотодокументацию подземных горных выработок можно разделить на систематическую (массовую) масштаба 1:20–1:100 и эпизодическую, представленную отдельными детальными фотоснимками масштаба 1:1–1:20 для геологически интересных объектов. Систематическая фотодокументация осуществляется путем сплошной (маршрутной) либо прерывистой фотосъемки.

Обычная и фотографическая документация может быть представлена сплошным изображением одной из стенок, двух стенок и кровли, изображением забоя. Выбор способов и средств фотодокументации в подземных условиях определяется ограниченностью пространства и необходимостью искусственного освещения. Небольшие сечения выработок требуют применения короткофокусных широкоугольных объективов "Орион-15" (О-15), "Руссар" (МР-2), "Спутник-4" для фотоаппаратов типа "ФЭД", "Зоркий", а для зеркальных фотоаппаратов типа "Зенит" — объектив "Мир-1" (М-1).

Как показал опыт подземной фотодокументации, лучше использовать для съемки простые по конструкции, но надежные малоформатные фотоаппараты. Высокая влажность, загрязнение и т. п. быстро выводят из строя сложную фототехнику. При этом не нужны высокие скорости спуска затвора. Слабая освещенность затрудняет работу и снижает преимущественно зеркальных аппаратов.

В методическом отношении и по времени проведения фотодокументацию можно разделить на два этапа: работы подготовительные, проводимые в камеральных условиях и в выработке, и натуральная фотосъемка.

1. ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ

В подготовительный период проверяется готовность к работе фотоаппаратуры и осветителей, производится зарядка кассет пленкой, определяются параметры фотосъемки. Перед съемкой выработок, опасных по газу и пыли, обязательной проверке подлежит герметичность взрывобезопасного осветителя и надежность синхроконтакта. Уточнение параметров фотосъемки касается экспозиции, которая определяется в зависимости от источников освещения и чувствительности пленки.

По плану горных работ определяется положение участка документации относительно ближайшей маркшейдерской точки, а также уточняются

Таблица 4

Отстояние, м	Размеры фотографируемого участка (М) и масштаб негатива в зависимости от объектива				
	MP-2	"Орион-15"	"Мир-1"	"Индустар-50"	"Геолиос-44"
0,5	$\frac{0,9 \times 0,6}{1:25}$	$\frac{0,6 \times 0,4}{1:18}$	$\frac{0,5 \times 0,3}{1:13}$	$\frac{0,3 \times 0,2}{1:10}$	$\frac{0,3 \times 0,2}{1:9}$
1,0	$\frac{1,8 \times 1,2}{1:50}$	$\frac{1,3 \times 0,9}{1:36}$	$\frac{1,0 \times 0,6}{1:25}$	$\frac{0,7 \times 0,5}{1:20}$	$\frac{0,6 \times 0,4}{1:17}$
1,5	$\frac{2,8 \times 1,9}{1:75}$	$\frac{1,9 \times 1,3}{1:54}$	$\frac{1,4 \times 0,9}{1:40}$	$\frac{1,0 \times 0,7}{1:30}$	$\frac{0,9 \times 0,6}{1:26}$
2,0	$\frac{3,5 \times 2,4}{1:100}$	$\frac{2,6 \times 1,7}{1:71}$	$\frac{1,9 \times 1,2}{1:52}$	$\frac{1,3 \times 0,9}{1:40}$	$\frac{1,2 \times 0,8}{1:35}$
2,5	$\frac{4,3 \times 2,9}{1:125}$	$\frac{3,2 \times 2,1}{1:89}$	$\frac{2,4 \times 1,6}{1:66}$	$\frac{1,7 \times 1,1}{1:50}$	$\frac{1,5 \times 1,0}{1:43}$
3,0	$\frac{5,4 \times 3,5}{1:150}$	$\frac{3,9 \times 2,6}{1:107}$	$\frac{2,9 \times 1,9}{1:79}$	$\frac{2,1 \times 1,4}{1:60}$	$\frac{1,8 \times 1,2}{1:52}$
3,5	$\frac{6,3 \times 4,1}{1:175}$	$\frac{4,4 \times 3,0}{1:125}$	$\frac{3,3 \times 2,1}{1:92}$	$\frac{2,4 \times 1,6}{1:70}$	$\frac{2,1 \times 1,4}{1:60}$
4,0	$\frac{7,3 \times 4,6}{1:200}$	$\frac{4,9 \times 3,3}{1:143}$	$\frac{3,7 \times 2,4}{1:105}$	$\frac{2,8 \times 1,8}{1:80}$	$\frac{2,4 \times 1,6}{1:70}$

сечение выработки и расстояние (отстояние) до фотографируемого обнажения: стенки, забоя, кровли. Согласно отстоянию выбирается объектив, который позволил бы охватить максимальную площадь обнажения. Для этого можно использовать табл. 4, в которой даны размеры участка обнажения по длинной и короткой сторонам кадра (в числителе) и масштаб негатива (в знаменателе).

С учетом предполагаемого геологического строения участка намечается сплошной или прерывистый вид фотосъемки. При сплошной съемке необходимо знать расстояние между соседними точками стояния, т. е. шаг (базис) съемки. Шаг съемки для данного объектива и расстояние до объектива зависят от величины перекрытия соседних снимков.

Величина перекрытия или размер полезной площади снимка определяется, во-первых, размером части кадра, в пределах которой искажения фотоизображения не более допустимых, во-вторых, условиями совмещения и панорамного монтажа соседних снимков. По технологии изготовления фотомонтажа идентификация общих точек не вызывает затруднений, если зона совмещения (перекрытия) соседних снимков не менее 15–20%; при стереосъемке $\geq 50\%$.

Чтобы определить площадь снимка с допустимыми искажениями, необходимо из формул определения искажения (сдвига точек) изображе-

ния, вызванного рельефом снимаемой поверхности и ее непараллельностью с плоскостью кадра (пленки), вычислить величину радиуса-вектора r зоны с допустимым искажением. Для решения этих уравнений относительно r необходимо знать величину допустимого искажения, которая лимитируется требуемой точностью нахождения геологических точек в натуре. Эта точность определяется точностью изображения геологических контуров на сводных геологических чертежах, которые составляются в масштабе не крупнее 1:5000. Поэтому при графической точности построения 0,2 мм точки геологического контура в натуре необходимо определять с точностью 10 см (0,2х500).

В подземных условиях, когда съемка ведется с небольшого расстояния, наибольшее влияние на искажение оказывает рельеф фотографируемой поверхности. Поэтому для оценки площади с допустимыми искажениями из выражения $\sigma = \frac{r \cdot h}{L}$ определяют $r = \frac{\sigma \cdot L}{h}$, где h – неровности рельефа. В условиях, когда $h = \pm 20$ см (см. гл. VII), а отстояние $L = 200$ см и допустимая погрешность $\sigma = 10$ см $r = \frac{10 \cdot 200}{20} = 100$ см.

Следовательно, зона с радиусом 100 см в рассмотренных условиях съемки будет изображена с допустимыми искажениями. Поэтому для сплошного неискаженного изображения, полученного из соответствующих частей смонтированных снимков, необходимо, чтобы шаг съемки (базис) был равен $2r$, т. е. 2 м.

При неровности стенок выработок более ± 20 см и расстоянии съемки менее 2 м шаг съемки должен быть еще меньше. Например, ЦНИГРИ и др. рекомендуют при $h \geq \pm 25$ см и $L \leq 1,5$ м шаг съемки 1 м. В фотограмметрии базис (шаг) съемки рекомендуется определять по формуле

$$B = \frac{(100 - p) \cdot b \cdot L}{100 f},$$

где p – перекрытие соседних кадров (снимков), %; b – размер стороны кадра, мм.

Шаг съемки можно определить графически, исходя из L, b, f и p .

При выборе величины перекрытия необходимо учитывать, что частые точки съемки (небольшие B) снижают производительность съемочных работ. Перед съемкой в выработке следует: 1) осмотреть участок и оценить условия безопасности работ; 2) опознать маркшейдерскую точку для последующей привязки; 3) провести очистку фотографируемой поверхности от пыли и грязи; 4) по возможности провести выравнивание поверхности обнажения, удалить мешающие предметы, а иногда по согласованию с техническим надзором и затяжку крепи; 5) проверить готовность аппаратуры, устранить отпотевание оптики.

Для очистки стенок и кровли используется система орошения, применяемая для подавления пыли при работе механизмов. Промывку делают за несколько часов (не позднее чем за 0,5 ч) до съемки, чтобы вода стекла, уменьшились блики и искажающее влияние на яркостные свойства пород повышенной влажности. Съемку и подготовку к ней желательно проводить в подготовительную смену.

2. МЕТОДИКА СЪЕМКИ

На участке предстоящей съемки производится разбивка пикетажа. Начало участка (нулевой пикет) привязывается к ближайшей маркшейдерской точке. Пикеты размечают либо мелом, либо копотью от карбидного фонаря. Используют раскрашенные тесняные рулетки или шнуры с бирками (метками), которые закрепляются на стойках крепления или специальных распорках вдоль обнажения. В качестве последних используются деревянные шесты, распираемые под углом между кровлей и почвой. Бирки, указывающие метраж, должны быть заметными при визировании через видоискатель и при печати снимков. Рекомендуется [13] также использовать бирки для непосредственной наводки центра кадра; тогда интервалы между ними берутся равными половине шага съемки.

Наличие четких геологических элементов упрощает выбор границ и зоны перекрытия соседних кадров. В этом случае достаточно выставлять в отдельных кадрах нивелирные рейки или раскрашенные складные метры.

Определение масштаба осуществляется при печати снимков по интервалам между бирками или выставленным у объекта масштабным приспособлением. Для определения масштаба кровли можно использовать раскрашенную небольшую (0,5–1,0 м) легкую рейку. Рейка у кровли укрепляется как кронштейн на рукоятке длиной примерно 2 м. Масштаб снимка можно определять исходя из соотношения отстояния и фокусного расстояния. При подземной съемке нетрудно соблюдать одинаковое расстояние до объекта, так как сечение выработок постоянно контролируется, и поэтому масштабные приспособления выставляются только для контроля. Это ускоряет фотосъемочные работы.

Если неровности фотографируемой поверхности больше 20–30 см, то для равномерного распределения искажений по снимку масштабное приспособление выставляется в средней плоскости, относительно которой выступы и впадины расположены симметрично. Искажения уменьшаются также при использовании аппарата типа "Практика-супер ТЛ" с микро-растровым визиром. Каждый кадр снимается при постоянном отстоянии (масштабе) и перпендикулярности оптической оси к обнажению. Это достигается совмещением растрового кольца с кругом, диаметр которого соответствует определенному масштабу и отстоянию. Круг вычерчивается на экране, выставленном на время наводки у обнажения.

В подземных условиях наиболее удобны электронные лампы-вспышки с наибольшей силой света и двумя рефлекторами ("Луч-71" и др.). Вспышка должна иметь прочный корпус и достаточную герметичность. В выработках, опасных по газу и пыли, применяется фотовспышка "Фотон" в специальном взрывобезопасном изготовлении.

Как показывает опыт подземной фотодокументации, повышенная влажность рудничной (шахтной) атмосферы ухудшает работу конденсатора (пробой изоляции) и контактов, снижается напряжение на выходе трансформатора. Поэтому рекомендуется в обводненных выработках

герметизировать фотовспышку, помещая ее в полиэтиленовый мешок. На рукоятку ламп однотипных "Чайке" надевается резиновый чехол из велосипедной камеры, а на синхроконттакт — резиновый колпачок от пипетки. Трансформатор можно дополнительно пропитать изоляционным лаком или клеем "БФ", на контакты сделать серебряные напайки.

При съемке широкоугольными объективами для освещения больших площадей обнажения желательно заменить параболический рефлектор плоской полированной пластиной.

Съемка с лампами-вспышками ведется с экспозицией 1/30 (1/25) при изменении диафрагмы, определяемой путем деления ведущего числа (из паспорта) на отстояние. Полученное значение диафрагмы округляется в сторону ближайшего меньшего значения, имеющегося на оправе объектива. При использовании широкоугольных объективов расчетное значение диафрагмы изменяется делением на 2 для объектива "Орион-15", на 1,3 — для объектива "Мир-1". Для лампы-вспышки типа "Луч" с плоским отражателем и пленки чувствительностью 130 ед. ГОСТ можно использовать следующие значения ведущих чисел:

энергия света, Дж	40	60	100
ведущее число	16	22	32

Если одной вспышки недостаточно, то производят накопление освещенности многократными вспышками. При этом фотоаппарат устанавливается на штативе с постоянно открытым затвором и отключенным синхроконтрактом. Лампа включается тумблером или кнопкой холостых вспышек.

Лампы накаливания, используемые для освещения, должны быть вставлены в софиты и иметь мощность более 150–200 Вт. При подключении ламп к электросети необходимо соблюдать правила безопасности (заземление, порядок подсоединения и т. д.). При съемке на пленку 130 ед. ГОСТ с двумя лампами по 250–300 Вт, установленными на расстоянии 1; 2 и 3 м от объекта, рекомендуются следующие выдержки (в с):

диафрагма	2,8	4,0	5,6	8,0	11,0	16,0
выдержка 1 м	1/100	1/50	1/25	1/5	1/5	11/3
при расстоя- 2 м	1/25	1/10	1/5	1/2	1	2
нии:	3 м	1/10	1/5	1/2	1	2
					2	3

При использовании индивидуальных переносных светильников продолжительность выдержки зависит от типа и качества используемых светильников и определяется опытным путем. Так, например, при съемках на пленку 130 ед. ГОСТ с двумя головными аккумуляторными фонарями типа ЛСК-10У, расположенными на расстоянии 1 и 2 м от объекта, выдержка (в с) составляла:

диафрагма	2,8	4,0	5,6	8,0	11,0
выдержка 1 м	2	4	8	15	30
при расстоя- 2 м	8	15	30	60	120
нии					

При одном светильнике нами практиковалось последовательное освещение фотографируемой поверхности перемещающимся лучом. Чтобы

Избежать теней, освещение производится с двух точек. Например, при съемке с расстояния 3 м на пленку 130 ед. объективом И-50 с диафрагмой 1:8 последовательное освещение одним головным аккумулятором продолжалось 30 с с каждой точки (всего 60 с).

При освещении карбидным фонарем светлых пород с расстояния 1 и 2 м ориентировочные выдержки (в с) при съемке на пленку 130 ед. ГОСТ составили:

диафрагма		3,5	4,0	5,6	8,0	11,0
выдержка при	1 м	2	4	8	15	30
расстоянии:	2 м	8	15	30	60	120

При съемке темных пород выдержка увеличивается в четыре раза.

Фотосъемка в подземных условиях проводится на пленках повышенной чувствительности (не менее 90–130 ед. ГОСТ). Это обеспечивает достаточную для массовой документации детальность снимков и высокую производительность в связи со съемкой с рук и с небольшими выдержками. Влияние зернистости практически не сказывается на качестве снимков, так как их печать в масштабе 1:20–1:100 выполняется с небольшим увеличением (масштабы негативов см. в табл. 4). Детальная съемка проводится на пленке чувствительностью 32–90 ед. ГОСТ с использованием переходных колец, насадочных линз или длиннофокусных объективов.

Наводку на резкость часто приходится вести по шкале расстояний из-за плохой освещенности документируемой выработки. Сам процесс съемки в горных выработках, проводимый с рук и со штатива, достаточно прост, так как освещение постоянное. При спуске затвора оптическая ось аппарата должна быть перпендикулярна к обнажению. Это достигается с помощью приспособлений и накладных уровней (см. гл. I и [19]) и контролируется по положению бирок в видоискателе относительно краев кадровой рамки. Большое значение в этом случае имеет навык подземной съемки и использование геодезических приемов. Специальные исследования и опытные съемки показали, что обеспечить перпендикулярность (отклонение не более 3°) нетрудно.

Условия и параметры съемки, номер пленки, данные о привязке и документируемой выработке заносят в полевой журнал. Здесь делаются схематические зарисовки и другие записи относительного геологического строения, отмечаются участки отбора проб и образцов, записываются результаты замеров элементов залегания. Рекомендуется в начальных кадрах выставлять темный щит (30x30 см), на котором мелом делаются надписи: номер пленки, название выработки и т. д. Иногда применяется магнитный шрифт, из которого набирают необходимые надписи на металлическом листе.

Чтобы упростить камеральное дешифрирование перед съемкой, производится маркировка основных геологических и структурных элементов. Для этого используются марки размером примерно 5x5 см, изготавливаемые из современных водостойких синтетических пленок типа лавсан или пластмассы с цифрами. На снимке лучше выделяются

марки черного цвета с белыми цифрами. В полевом журнале делаются записи о замаркированных породах.

Маркировка осуществлялась нами также путем обозначения пород индексами (И — известняк, СК — скарн и т. п.), которые наносились мелом или копотью карбидного светильника непосредственно на обнажение. При необходимости, например на запыленных участках или при нечетких контактах, таким образом можно выделять и геологические контуры.

Для обводки контуров во ВНИМИ создан световой указатель, состоящий из дюралевой трубки длиной 40 см и рукоятки, в которую вставляются батареи карманного фонарика. На конце трубки-указки помещена лампочка, экранированная колпачком с отверстием. Светящееся отверстие при обводке контуров направлено в сторону аппарата, затвор которого открыт. После обводки производится обычная съемка участка. Этот способ опробован на руднике. Съемка производилась с расстояния 3 м на пленку чувствительностью 130 ед. объективом М-1 при обводке в течение 60 с. На отпечатке геологические контуры отобразились в виде тонких белых линий.

Геологические контуры фиксируются на снимке также путем дополнительной их подсветки при обведении узким (5 мм) световым лучом, образованным при экранировании светильника. Скорость обводки при использовании переносного аккумулятора и пленки 130 ед. равна 1–2 м/мин.

3. ОСОБЕННОСТИ ФОТОДОКУМЕНТАЦИИ ВЫРАБОТОК РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Фотодокументация горизонтальных выработок

Фотосъемка стенок проводится чаще всего с ограниченного отстояния (2–3 м) широкоугольными объективами. Наиболее производительный способ — съемка с рук при освещении лампами-вспышками. При достаточном сечении съемка осуществляется нормальными объективами.

Фотосъемка забоев отличается своей простотой, так как производится с достаточного удаления обычными объективами.

Фотосъемка кровли осуществляется с рук или со штатива при обязательном контроле вертикального положения оптической оси с помощью уровней. Пригодны штативы различного типа и назначения: фото- и киноштативы (особенно штативы со сферической головкой), штативы от геодезических приборов и софитов [4, 13, 19]. Простейшим приспособлением для съемки кровли служит деревянная подставка в виде скамейки с уровнем и креплением для фотоаппарата и вспышки. Широкое применение находит струбцина, используемая фотолюбителями.

Для проведения аппарата к горизонту, особенно при съемке с рук, целесообразно использовать круглый уровень с уголковым основанием, посредством которого он крепится в салазки аппарата, предназначенные для водоискателя или лампы-вспышки [19]. При выборе точек стояния



Рис. 10. Забой штрека. Дегтярское месторождение.

1 — сланец кварц-серицитовый; 2, 4, 7 — руда колчеданная; 3 — сланец кварц-серицитовый с пиритом; 5 — сланец хлорит-серицитовый, слегка пиритизированный; 6 — сланец серицитовый; 8 — сланец серицит-хлоритовый, пиритизированный; 9 — сланец хлоритовый; 10 — порфирид кварц-альбитовый, рассланцованный

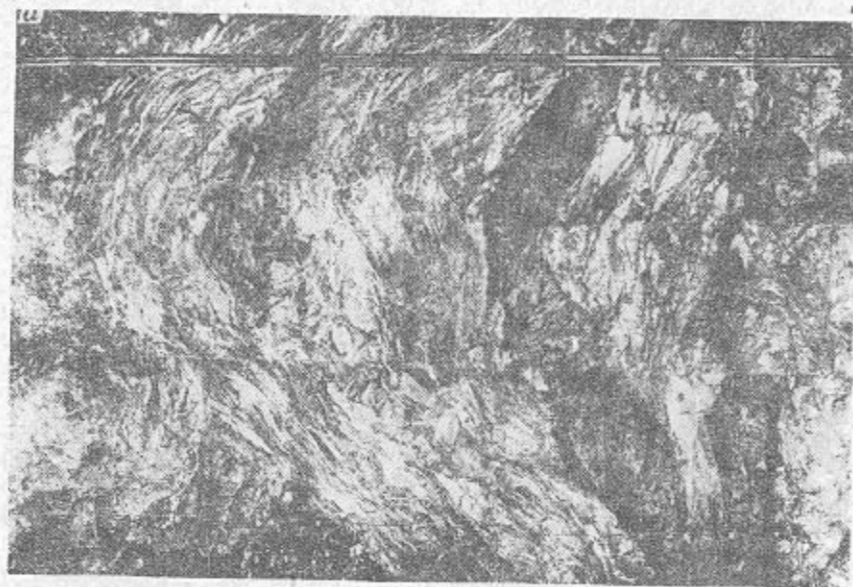


Рис. 11. Развертка орта.

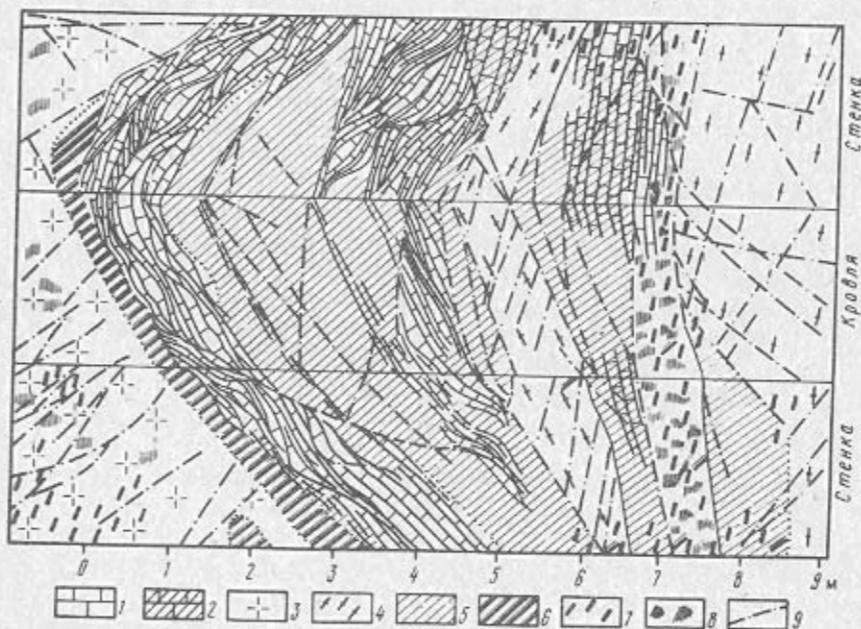
а — фотомонтаж; б — зарисовка при дешифрировании. 1 — известняк; 2 — известняк эпидозит; 7 — хлоритизация; 8 — окварцевание; 9 — трещины

используется разметка (пикетаж) стенок выработки. Шаг съемки определяется в зависимости от расстояния от аппарата до кровли, которое систематически контролируется рейкой. В результате съемки двух стенок и кровли получается фотоизображение полной развертки.

Фотодокументация, как и визуальные зарисовки, главных вскрывающих выработок выполняется обычно путем составления разверток, вспомогательных вскрывающих выработок и подготовительных секущих — путем сплошной документации стенок или кровли, подготовительных, пройденных по простиранию — путем съемки забоев.

В выработках, пройденных по простиранию (штреках и т. п.), чаще всего производится периодическая съемка забоя. Это позволяет фиксировать геологическое строение в наиболее информативной плоскости (рис. 10). Съемка забоя производится в бремсбергах, уклонах и других выработках, пройденных по падению залежи или пласта.

В горизонтальных выработках, пройденных вкост простирания (ортах, квершлагах), наибольшая информация получается при документации стенок, а также стенок и кровли, когда создается полная развертка (рис. 11). Опытные работы показали, что информативность практически не уменьшается при фотодокументации двух стенок, поэтому можно отказаться от трудоемких работ по съемке кровли и от совместного монтажа снимков, полученных в трех плоскостях.



скарнированный; 3 — гранодиорит-порфир; 4 — кварцевый порфир; 5 — скарн; 6 —

Отличительной особенностью фотосъемки в вертикальных (крутонаклонных) выработках является расположение маршрутов поперек оси выработок. Фотоэтомонтажи соседних маршрутов наращиваются по высоте. Фотосъемку можно вести с навала взорванной породы, с очищенного забоя или с проходческих полков, устраиваемых на определенном расстоянии друг от друга. Положение полков необходимо контролировать промерами расстояний от маркшейдерских точек или опорного башмака постоянной крепи. Съемку иногда проводят с проходческих подъемных сосудов.

Технология проходки и размер сечения больше чем в других случаях определяют организационно-методические особенности фотосъемки. Например, периодичность и интервалы съемки зависят от положения полков и крепи, очищен ли забой от породы и т. д.

Вертикальные выработки основного назначения (стволы, шурфы и др.) с прямоугольным сечением документируются по двум стенкам, восстающие печи — по одной. Фотосъемка стволов круглого сечения производится обычно для получения полной цилиндрической развертки. Сплошное фотоизображение из смонтированных снимков, полученных в маршруте по всему периметру на одном уровне, стыкуется с такой же цилиндрической фоторазверткой предыдущего маршрута. Боковое перекрытие снимков в стволах, по данным К.Л. Кокоревой [8], с каждой стороны 12,5%, а между маршрутными полосами — 30—35%.

В зависимости от сечения точка стояния может располагаться в центре, возле фотографируемой и у противоположной стенок. Для бокового перекрытия снимков предварительно рассчитывается угловой поворот аппарата вокруг точки стояния. В этом случае удобно пользоваться штативом с угломерным кругом теодолита. При разбивке периметра на интервалы "нулевой" пикет располагается в плоскости геологического разреза или в плоскости "север — юг". На участках пустых пород прибегают [8] к фотосъемке части периметра, ориентированного вкрест простирания пород.

В крутонаклонных выработках, пройденных в полезном ископаемом по линии падения — восстания, практикуют фотосъемку забоя.

Фотодокументация очистных выработок определяется технологией выемки полезного ископаемого и геологическим строением. Она проводится путем прерывистых и маршрутных (сплошных) съемок.

4. УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПОДЗЕМНОЙ ФОТОДОКУМЕНТАЦИИ

Геологическая фотодокументация подземных горных выработок совершенствуется в направлении повышения информативности снимков на основе использования современных цветных и спектральных фотоматериалов, а также производительности съемок путем их автоматизации.

Цветная фотография для подземной документации применяется пока еще в виде опыта. Такие съемки проводились при специальных исследованиях структурных условий локализации полиметаллического оруденения на скарновом месторождении. Цветной снимок использовался для объективной, точной и детальной информации о взаимоотношении различных минеральных образований. Другие способы документации (черно-белая фотография и визуальные зарисовки) были при этом малоэффективны и трудоемки. Фотосъемка велась аппаратом "ФЭД" с фотовспышками "Молния" и "ФИЛ" на многослойных пленках типа ДС-2 чувствительностью 32 ед. ГОСТ. Небольшая фотографическая ширина цветных негативных пленок требует точного определения экспозиции. Поэтому экспонирование производилось при расчетной и ближайшей меньшей диафрагме. Удовлетворительные результаты получены при съемке с одним карбидным и одним аккумулярным фонарем (ЛСК-10У), которые располагались на расстоянии 1,0—1,2 м от объекта. При диафрагме 5,6 экспозиция равнялась соответственно 30 и 60 с.

Правильное воспроизведение цветов в значительной степени зависит от расстояния фотографируемого участка до аппарата и источника света. Это влияние особенно значительно в условиях загрязненной и влажной рудничной атмосферы, когда происходит большое рассеивание отраженных синеголубых лучей. Поэтому породы синих цветов и оттенков на фотографиях теряют свою синюю окраску, а слабо освещенные и затененные участки, наоборот, синеют. В результате этого фотографии, полученные с расстояния более 2—3 м, имеют общий голубой оттенок. Значительное удаление сказывается и на сочности и насыщенности цветовоспроизведения. Поэтому для полного и правильного воспроизведения цветового контраста необходимо равномерное и интенсивное освещение. Ухудшение цветопередачи наблюдается иногда на краю кадра при съемке широкоугольными объективами.

При подборе корректирующих светофильтров для печати снимков необходимо иметь четкие представления о фактическом цвете пород. Цветовые фотоматериалы воспроизводят окраску пород в зависимости от условий съемки (освещения, положения аппарата), что не всегда соответствует зрительному восприятию цвета. Несмотря на это, за счет цветового контраста обеспечивается повышенная геологическая информативность цветного снимка.

На полученных цветных снимках хорошо выделяются все гидротермальные минералы, взаимное расположение которых в виде скоплений и прожилков позволило однозначно судить о последовательности процессов минералообразования. Фиксируемые на снимках желто-зеленые скопления эпидота и скарнов в материале даек указывают на доскарновый возраст даек, а по изменению насыщенности цветового оттенка удается количественно оценить интенсивность соответствующего минералообразования и степень изменения первичных пород.

Положительные результаты получены на одном из рудников при съем-

ке на цветную пленку типа ЛН-5М с лампами мощностью 500 Вт. Интересны результаты использования цветной обратимой пленки. Хорошая цветопередача позволяет с большой надежностью вести дешифрирование и составлять чистую зарисовку по изображению, спроектированному на экран через увеличитель.

Несмотря на известные трудности по обработке, цветную фотографию все же можно использовать в качестве дополнительного средства при детальной фотодокументации.

Щелевая фотодокументация

Производительность маршрутной фотодокументации значительно возрастает при щелевой (непрерывной) фотосъемке, основы которой разработаны для решения задач аэрофотосъемки. Возможность и целесообразность применения щелевой съемки для геологической документации подземных выработок изучались в Ленинградском горном институте (ЛГИ) [11]. При исследованиях, проведенных на рудниках комбината "Апатит", решен принципиальный вопрос обеспечения равномерности перемещения фотоаппарата вдоль фотографируемого участка. Щелевая камера закрепляется на каретке (вагонетке) и перемещается по откаточным путям выработки. На макетной установке ЛГИ смонтирована система освещения и синхронизации скоростей движения камеры и перемотки пленки, имеется пульт управления и специальное устройство для стабилизации положения оптической оси камеры.

Стенка или кровля выработки проектируется через вертикальную щель затвора на пленку, перемещающуюся по направлению движения фотокамеры. Подобие непрерывного изображения объекта на пленке обеспечивается равенством скоростей перемещений пленки и проектируемого изображения в фокальной плоскости камеры. Скорость перемещения изображения зависит от соотношения скорости перемещения камеры, отстояния и фокусного расстояния. Для принятой скорости перемещения камеры и ее фокусного расстояния в зависимости от отстояния определяется скорость перемотки пленки и перемещения изображения.

Искажения непрерывного изображения в наибольшей степени связаны с рельефом поверхности. Они определяются законами центральной проекции и представлены изменением конфигурации геологических контуров в поперечном направлении. Резкость искаженных изображений не изменяется, если величина неровностей не превышает 20 % отстояния. Вдоль снимка искажения из-за рельефа отсутствуют. Щелевым снимкам свойственны искажения, вызванные неравномерностью движения камеры и перемотки пленки. Опытным путем установлено, что общие искажения при щелевой непрерывной съемке на 30 % меньше искажений при покадровой съемке. На непрерывном снимке поперечный (вертикальный при съемке стенки) масштаб равен f/L , продольный равен отношению скорости перемещения камеры и пленки.

Исследования ЛГИ показали практическую целесообразность щелевой (непрерывной) съемки для геологической фотодокументации протяженных участков.

Глава IV. МЕТОДИКА ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ФОТОДОКУМЕНТАЦИИ НА КАРЬЕРАХ

Максимальная дешифрируемость и информационная емкость снимков во многом зависят от правильного отображения пропорций объекта, его неискаженной формы. Вследствие разного масштаба в различных точках снимка, вызванного при съемках в карьерах в основном перспективными искажениями, затрудняется не только качественное восприятие снимков, но и количественная оценка метрических характеристик. Одна из задач фотосъемочных работ заключается в том, чтобы найти такие условия фотографирования, при которых полученный снимок можно было бы рассматривать в первом приближении как одномасштабное изображение, что позволит в максимальной степени использовать наглядность снимка, с одной стороны, и высокие измерительные его свойства, с другой.

С целью повышения точности геологической фотодокументации с помощью малоформатных камер на рудных карьерах Алтая В.А. Антонов, С.К. Кажгайев и другие предлагают вести съемку в комплексе с фототеодолитами. Малоформатные фотоаппараты рекомендуется оснастить телеобъективами. Методика применения фотограмметрии с использованием малоформатных камер для геологической документации уступов Докучаевских флюсодоломитовых карьеров была разработана в Донецком политехническом институте (И.Я. Рейзенкинд, Д.В. Брежнев, В.И. Мартыненко, 1971 г.). В.А. Цаплин (1971 г.) предлагает графоаналитический способ определения прямоугольных координат точек на плане с помощью наземной панорамной стереосъемки фотоаппаратом "Горизонт" (размер кадра 24x58 мм).

Анализ точности количественной информации, полученной по материалам опытной фотодокументации в карьерах малоформатными камерами, позволяет дать ряд рекомендаций по условиям съемки. При фотосъемке бортов карьеров (откосов уступов) с целью геологической фотодокументации в зависимости от задач, применяемой аппаратуры и приспособлений можно выделить следующие рабочие приемы: с рук, с помощью штанги-штатива, телесъемка и съемка крупным планом [15]. Из перечисленных приемов три первых (рис. 12) являются основными.

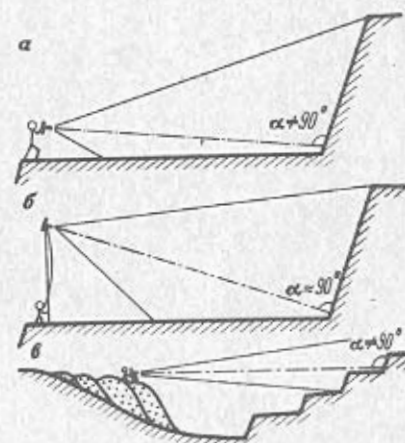


Рис. 12. Схема съемок откосов уступов в карьере.

а — съемка с рабочей площадки уступа с рук; б — то же, с помощью штанги-штатива, оптическая ось наклонена; в — телесъемка с нерабочего борта или с внутренних отвалов, оптическая ось горизонтальна

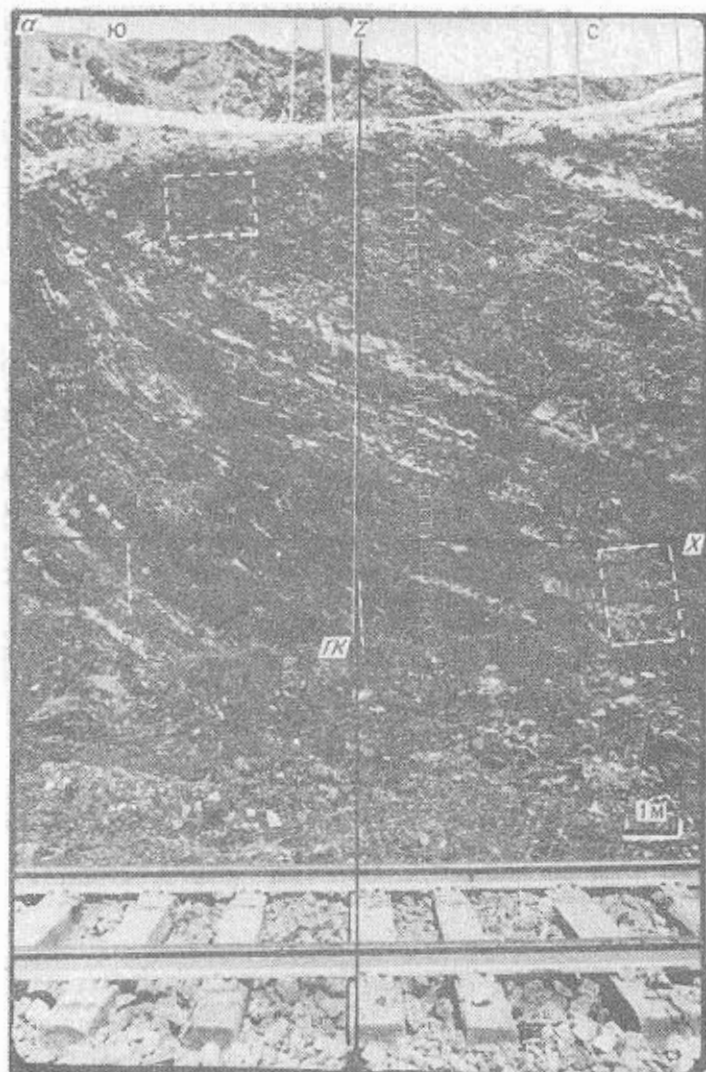


Рис. 13. Снимки, полученные с рабочей площадки уступа (отстояние около 30 м).
а — съемка с рук; *б* — съемка с помощью штанги-штатива, объектив "Мир-1". На белым контуром

1. Съемка с рабочей площадки уступа с рук нормальными или широкоугольными объективами при наклонной оптической оси применяется для оперативного крупномасштабного (1:100–1:200) документирования. Преимущество съемки с рук перед другими видами заключается в быстроте получения основных сведений по геологическому строению документируемого участка (строение пласта, струк-



Коркинский карьер.

мелкомасштабной панораме (см. рис. 14, б) границы данных снимков обозначены

тура, литологические особенности). Так, например, на рис. 13, *а* легко дешифрируется угольный пласт сложного строения с прослоями песчаника и разрывное нарушение, висячем и лежачем крыльях которого наблюдаются различные углы падения плоскостей наложения.

Недостатком этого вида съемки являются большие перспективные искажения из-за непараллельности снимка и откоса. Фотографирование

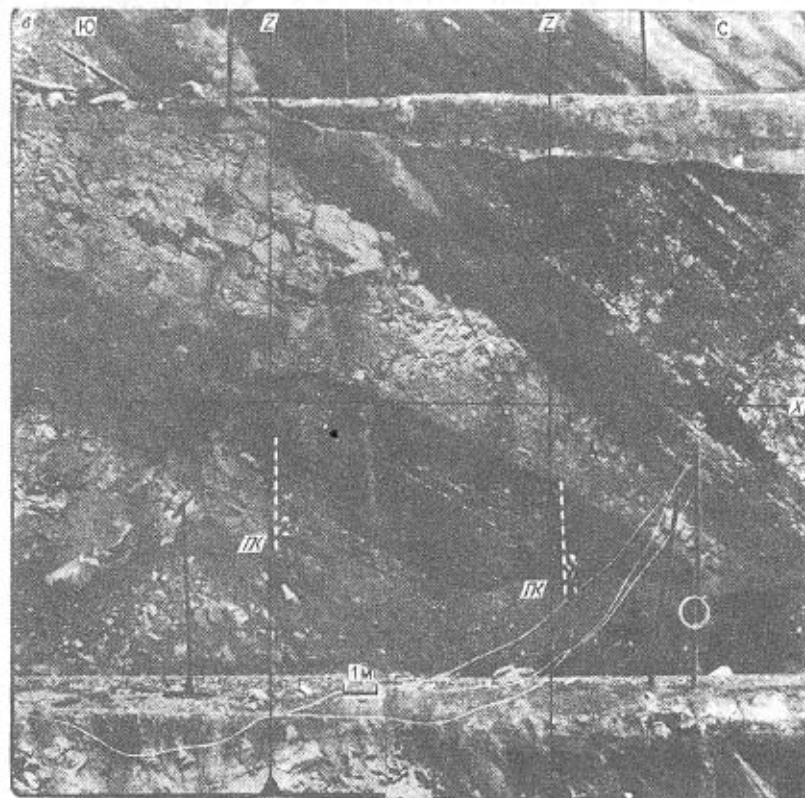
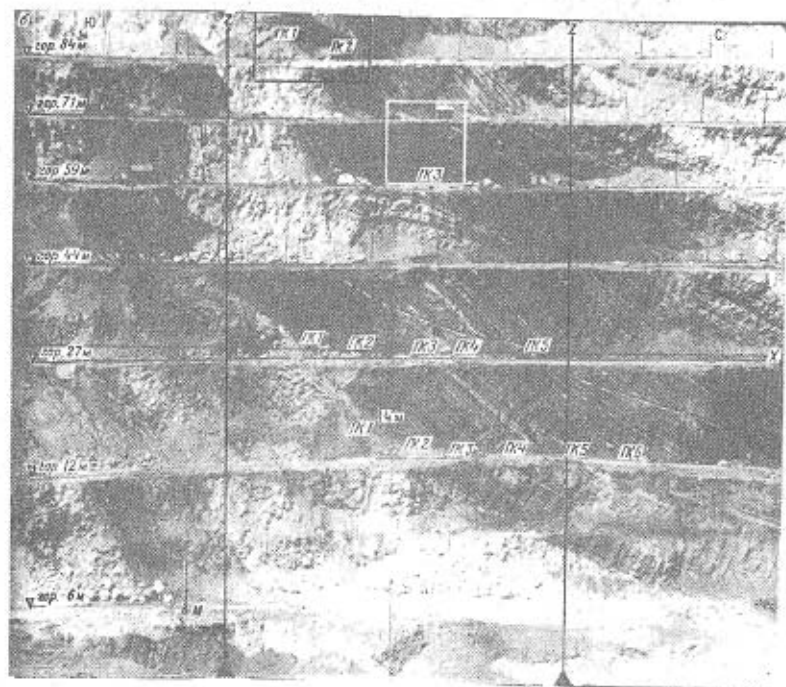
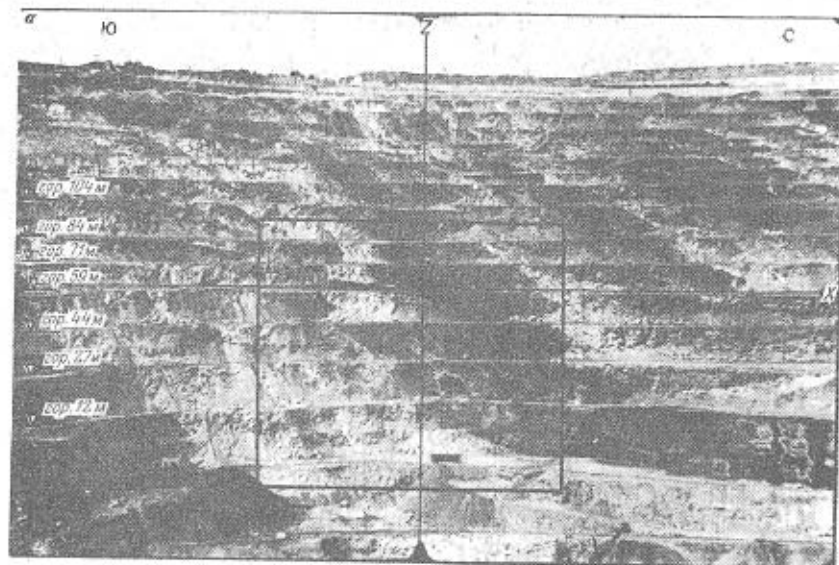


Рис. 14. Снимки, полученные с одной точки нерабочего борта Коржинского карьера (отстояние около 700 м) с помощью объективов:

а — "Гелиос-44" (мелкомасштабный снимок); б — "Юпитер-6" (мелкомасштабный снимок); в — МТО-1000 (крупномасштабный снимок). Черными и белыми контурами обозначены границы следующих по порядку снимков

откоса уступа с рук производится на высоте глаз оператора (см. рис. 12, а). Если при такой высоте аппарата придать плоскости его кадровой рамки положение, параллельное плоскости откоса (условие, необходимое для получения одномасштабного снимка), то верхняя часть уступа останется вне кадра. При этом имеется в виду, что съемка производится при средних условиях (высота уступа около 12 м, отстояние не более 30 м, объектив "Мир-1"). Чтобы в кадре поместилась вся высота уступа, необходимо задать заведомо непараллельное положение плоскостей снимка и откоса, что и приводит к перспективным искажениям изображения (размеры на снимке рис. 13, а масштабного прямоугольника, расположенного на краю кадра, меньше размеров такого же прямоугольника, расположенного в центральной части снимка). При съемке с рук количественно оценить эту непараллельность трудно, отсюда трудность учета поправок в расчете неискаженных расстояний на снимке.

2. Съемка с рабочей площадки уступа с помощью штанги-штатива (см. рис. 12, б, 13, б и 30) нормальными и широкоугольными объективами при наклонной оптической оси. Этот прием позволяет уменьшить перспективные искажения при крупномасштабной фотодокументации (размеры прямоугольников на рис. 13, б, расположенных на краю и в центральной части снимка, одинаковые), а также зафиксировать с помощью угломерного устройства и горного компаса на штанге-штативе положение плоскости снимка в пространстве. Особенно эффективна такая съемка при высоте уступов 10–12 м. По снимкам можно получать сведения высокой точности по мощности угольных пачек и породных прослоев, а также по метрическим показателям геологических структур. Недостатком этого приема съемки является меньшая производительность (в 2–3 раза), чем у предыдущего приема.

3. Съемка с нерабочего борта карьера или с внутренних отвалов нормальными и телеобъективами при горизонтальной оптической оси; камера установлена на штативе (см. рис. 12, в). Эта съемка производится с целью получения обзорных снимков значительной части борта в масштабе 1:1000–1:2000 (рис. 14, а, б), а также крупномасштабных (1:100–1:200) снимков отдельных уступов (см. рис. 14, в). Телесъемка отдельных уступов выгодно отличается от предыдущих видов более высокой производительностью — с одной точки делаются от 10 до 30 снимков (на рис. 14, в приведено только два снимка). Снимки практически не имеют искажений не только в центральной части, но и на краю, а отсюда и высокая монтируемость снимков в панорамы. По телеснимкам можно получать сведения, отмеченные в пунктах 1 и 2; кроме того, телесъемка дает возможность осуществлять привязку фотодокументации (см. гл. VIII). Недостатком метода телесъемки отдельных уступов является зависимость от горно-технических условий (высотные отметки внутренних отвалов или уступов нерабочего борта должны соответствовать отметкам фотографируемых рабочих уступов; расстояние между внутренними отвалами или уступами нерабочего борта и уступами рабочего борта не должно превышать 1000-кратного фокусного расстояния применяемого объектива), а также от состояния рабочей атмосферы в карьере (влияние дымки и пыли на качество изображения).

Съемка крупным планом (масштаб 1:5–1:50) и съемка стереопар (рис. 15) повышают качество дешифрирования, а последняя, кроме того, еще позволяет производить замер элементов залегания недоступных структур.

Возможность четкого выявления тонких прослоек на снимке определяется масштабом негативного изображения. Если принять минимальную мощность, определяемую на снимке, равной 3 см (при документации мощных и весьма мощных угольных пластов, разрабатываемых карьерами, породные прослойки мощностью менее 3 см практически не выделяются), а минимальную разрешающую способность объектива на краю кадра — 20 линий (20 черных полос + 20 белых промежутков) на 1 мм, то необходимый масштаб съемки будет составлять: $f/L = 1/30 \times 40$, т. е. $L = 1200f$. Округляя эту величину, получим масштаб съемки 1:1000.

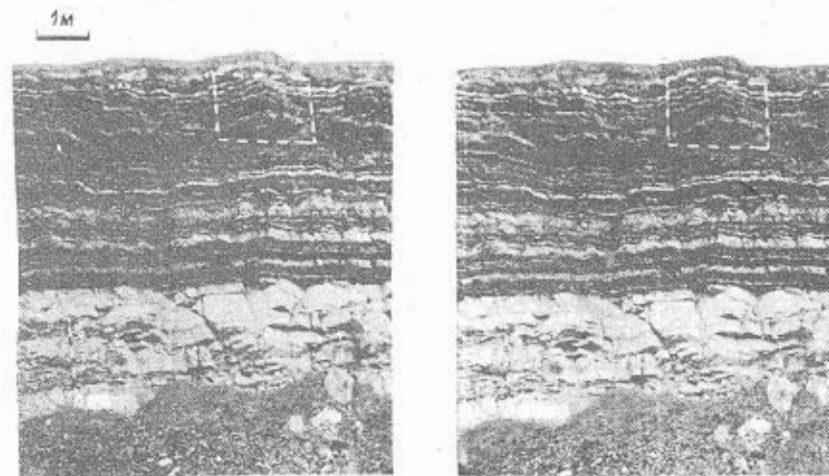


Рис. 15. Стереопара: свита "В" (чередование угольных пачек и песчано-алевритовых прослоев) подстилается пластом песчаника. Богословский карьер

На снимках опытной фотодокументации, полученных с негативного изображения в масштабе 1:1000, можно различить шнур сечением 1 см. Следовательно, существует реальная возможность для дешифрирования слоев мощностью 1 см. Масштаб негатива 1:1000 является оптимальным: укрупнение масштаба даже в 1,5–2 раза при получении одной и той же геологической информации со снимка приводит к нерентабельным затратам труда и фотоматериалов, а на снимках более мелкого масштаба контакты слоев становятся менее четкими и точность определения мощности понижается.

При оптимальном масштабе, равном 1:1000, из соотношения $L = Mf$, где M — знаменатель масштаба съемки, предопределяется выбор серийно выпускаемых отечественной промышленностью сменных объективов. Для съемок с рабочей площади уступа, при которых отстояние не превышает 50 м, используются нормальные и широкоугольные объективы, например: "Индустар-50" с $f=50$ мм, "Гелиос-44" с $f=58$ мм, "Мир-1" с $f=37$ мм (см. рис. 15). Для съемок с нерабочего борта или с внутренних отвалов отстояние может составлять от 200 до 1000 м и более. В этом случае используются нормальные и телеобъективы, например, "Юпитер-6" с $f=180$ мм, "Таир-3" с $f=300$ мм, МТО-500 с $f=500$ мм, МТО-1000 с $f=1000$ мм (см. рис. 14).

Съемочные работы рекомендуется проводить в максимально короткие сроки с тем, чтобы на породах не проявились процессы выветривания, приурочивая съемки к месячным маркшейдерским замерам. Последнее облегчает привязку и дальнейшие геологические построения.

1. ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ

Фотодокументации должна предшествовать рекогносцировка, при которой намечаются участок съемки, последовательность съемочных работ, выбираются оптимальные условия съемки (рабочие приемы съемки, необходимая аппаратура, а также наиболее удобное время для проведения съемки), для привязки выявляется наличие закоординированных пунктов вблизи документируемого участка. В зависимости от сложности геологического строения, стадии горно-технического освоения участка и необходимости детальности его изучения выбирается сплошной или прерывистый способ документации.

Оптимальные условия съемки в карьере выбираются, исходя из возможности получения снимка, приближающегося к одномасштабному изображению. Разномасштабность фотографического изображения в данном случае вызывается в основном перспективными искажениями, которые, в свою очередь, зависят от непараллельности плоскостей снимка и фотографируемой поверхности, а также от отстояния, фокусного расстояния объектива и расстояния от центра снимка до измеряемой точки. Взаимосвязь этих параметров отражена на рис. 16. Из графиков видно, что при телесъемке с расстояния не менее 300 м (см. рис. 16, а) изменения масштаба снимка незначительно зависят от непараллельности плос-

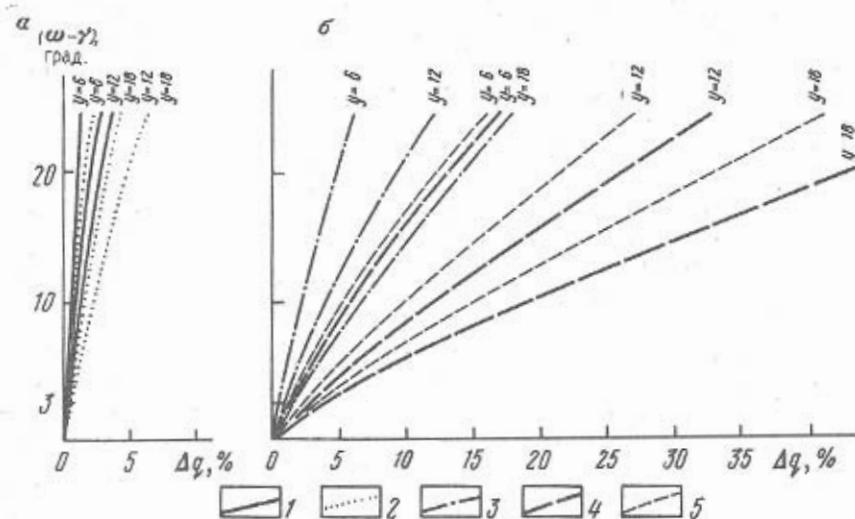


Рис. 16. Зависимость изменения масштаба снимка (Δq) от угла наклона плоскости снимка к плоскости откоса ($\omega - \gamma$) при различных значениях отстояния (L), фокусного расстояния (f) и расстояния от центра снимка до измеряемой точки (Y).

а — телесъемка, оптическая ось горизонтальна; б — съемка с рук и с помощью штанги-штатива, оптическая ось наклонена. 1 — $L=500$ м, $f=500$ мм; 2 — $L=300$ м, $f=300$ мм; 3 — $L=100$ м, $f=100$ мм; 4 — $L=30$ м, $f=37$ мм; 5 — $L=30$ м, $f=50$ мм

костей снимка и откоса ($\omega - \gamma$) и от расстояния от центра снимка до измеряемой точки (Y). Эти изменения не выходят за пределы 5%. При съемке с рук и с помощью штанги-штатива (отстояние при этом составляет 30–50 м, см. рис. 16, б) значения ($\omega - \gamma$) и Y оказывают существенное влияние на изменение масштаба снимка. Уменьшение разномасштабности может быть достигнуто путем уменьшения Y (что соответствует ограниченному по высоте уступам) и разности ($\omega - \gamma$), т. е. с приближением к параллельности плоскостей снимка и откоса.

Исходя из приведенных графиков, а также необходимой точности получения первичного геологического материала, можно решить вопрос об оптимальных условиях съемки на конкретном карьере. Расстояние от аппарата до снимаемого объекта (отстояние) при съемке с рук и со штанги выбирается исходя из имеющейся ширины рабочей площадки уступа. Отстояние при телесъемке предопределяется положением точки съемки, выбираемой заранее по плану горных работ на внутренних отвалах или на противоположном борту карьера. Протяженность участка откоса, снимаемого одним кадром (снимаемый интервал) при непрерывной фотодокументации, равна шагу съемки (расстоянию между соседними точками съемки). Точки съемки с рук целесообразно предварительно обозначить туриками, а точки съемки со штанги — небольшими углублениями. Последние облегчают подъем и установку штанги в вертикальное положение.

Для съемки с телеобъективами интервал, фотографируемый одним кадром, определяется также по формуле вычисления шага съемки. Интервал прямолинейного участка уступа, снимаемый несколькими кадрами с одной точки стояния, равен примерно половине отстояния.

Для удобства монтажа снимков в панораму, а также для облегчения привязки на участке сплошной фотодокументации перед съемкой выставляются пикеты через 10 м (см. рис. 14, б, в; 30), а на участке прерывистой документации — через интервал съемки. Одновременно с разбивкой пикетажа производится замер азимута простирания и среднего угла наклона откоса документируемого участка уступа.

2. МЕТОДИКА СЪЕМКИ

Непосредственно перед съемкой с рук или со штанги в плоскости откоса выставляются масштабные рейки: одна в центре кадра и две по краям, посередине зоны перекрытия кадров (см. рис. 13). Расстояние между центральной и крайними рейками равно половине шага съемки. Вместо реек в плоскости откоса можно устанавливать масштабный прямоугольный шаблон, по изображению которого устанавливают степень непараллельности плоскости снимка и откоса. Съемка производится по возможности с одинакового отстояния. Для этого достаточно иметь 50-метровый шнур с кольцами через 1 м. Известное отстояние позволяет с большой точностью определить будущий масштаб съемки по концу шнура, а постоянная величина отстояния облегчает процесс печати снимков и улучшает монтаж панорамы. При телесъемке (оптическая ось

Горизонтальна) рейки выставляются у нижней бровки уступа вертикально (см. рис. 14, б, в).

На первых этапах освоения фотодокументации на конкретном месторождении расчет экспозиций должен производиться в зависимости от интервала коэффициентов отражения данного комплекса пород и освещенности. В дальнейшем экспозицию можно определять с помощью фотоэлектрических экспонометров с учетом проведенных выше расчетов. Чтобы избежать ошибок в определении экспозиции экспонометром, его располагают вблизи фотографируемой поверхности, причем замеряются отдельно яркости наиболее светлых и наиболее темных участков на расстояниях, равных примерно размерам участков, затем по средней величине этих замеров рассчитывают среднюю выдержку. Но экспонометрические определения не гарантируют полностью успеха в съемке, так как не учитывают качество негативной пленки. Пробная съемка с переменными значениями выдержки и относительного отверстия позволяют вводить поправку в экспозицию на данную партию фотоматериала.

Как уже указывалось, при съемке в карьере основным источником искажения фотографического изображения является непараллельность плоскостей фотографируемого откоса и снимка. Для уменьшения этих искажений при съемке с рук фотокамера ориентируется таким образом, чтобы верхняя бровка уступа, видимая в кадровом окне, располагалась у верхней границы кадра (см. рис. 1 и 12). Такое положение снимаемого уступа в кадре приводит к наименьшим возможным отклонениям от параллельного положения плоскостей снимка и откоса. Уменьшение перспективных искажений при съемке с использованием штанги-штатива достигается путем установки параллельности плоскости снимка и фотографируемой поверхности с помощью угломерных устройств.

При телесъемке влияние непараллельности плоскостей фотографируемого откоса и снимка на перспективные искажения изображения сказывается в меньшей степени, чем при съемке широкоугольными и нормальными объективами (см. рис. 16). Съемка телеобъективами производится с устойчивых штативов. Штатив центрируется на закоординированной точке. Одна из осей кадра с помощью приспособления, описанного в гл. I, устанавливается вертикально. Такая ориентировка повышает точность определений по снимку метрических параметров объекта.

При стереосъемке (метод с предварительной разбивкой прямоугольной сети) на концах базиса устанавливаются вешки. С помощью экера под прямым углом к базису у откоса выставляются визирные вешки. Установив фотоаппарат на концах базиса и визируя на вешки у откоса, производят, начиная с левого кадра, последовательное фотографирование при горизонтальной оптической оси. Стереосъемка, так же как и съемка, крупным планом, понижает производительность фотодокументации и увеличивает расход фотоматериалов. Условия всех съемочных работ заносятся в специальный журнал.

3. ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ ПО МАТЕРИАЛАМ ФОТОТЕОДОЛИТНОЙ СЪЕМКИ

В настоящее время на крупных карьерах страны с целью определения объемов извлекаемых горных пород и полезного ископаемого, а также пополнения планов горных работ все в большей степени используется наземная стереофотограмметрическая съемка. По материалам этой съемки можно решать и геологические вопросы [15].

Определение углов простираения и падения геологических структур производится графически или аналитически по трем точкам, принадлежащим плоскости данной структуры. Плановое и высотное положение исходных трех точек получают при обработке стереопары на стереоавтографе. Точность определения углов простираения и падения, равная $2-3^\circ$, обеспечивается, если используемые точки лежат в вершинах треугольника со сторонами не менее 20 м и погрешность определения планового положения точек не превышает 0,8 м, а отметок — 0,4 м.

Определение видимой мощности пласта в горизонтальной плоскости или жилы в обнажающихся откосах уступа производится путем нанесения точек контактов с помощью стереоавтографа на план. Расстояние по перпендикуляру между соседними линиями простираения, проведенными через точки контактов, и есть видимая мощность.

Пополнение погоризонтных геологических планов по материалам стереофотограмметрической съемки производится в основном путем набора характерных точек геологических структур вдоль бровок уступа, отметка которого соответствует отметке пополняемого плана. Соединив нанесенные точки с соответствующими точками, полученными по предыдущей съемке, получают линии контактов или другие линии геологических структур на погоризонтном плане.

Для пополнения и уточнения гипсометрических планов в процессе эксплуатации месторождения на план кровли и почвы наносят с помощью координатографа точки, лежащие на контакте полезного ископаемого с вмещающими породами и подписывают их вычисленные высотные отметки. После этого наносятся новые изогипсы или уточняется положение ранее построенных.

Геологическое дешифрирование снимков фототеодолитной съемки затруднено из-за мелкомасштабности изображения. Поэтому съемку необходимо производить со специальных базисов, расстояние которых до снимаемого объекта выбирают с таким расчетом, чтобы на фотоснимках изображались все необходимые детали.

Глава V. ФОТОЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

1. ФОТОХИМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА И ЕЕ ВЛИЯНИЕ НА ДЕФОРМАЦИЮ ФОТОМАТЕРИАЛОВ

Фотохимические работы разделяются на следующие этапы: приготовление растворов, негативный и позитивный процессы.

Существует множество рецептов приготовления проявляющих растворов, но для практической работы достаточно выбрать два-три прояви-

теля, хорошо знать их особенности и уметь ими пользоваться. Выпускаемый промышленностью стандартный проявитель № 2 (табл. 5) для черно-белых негативов позволяет получать не только рекомендуемый коэффициент контрастности, но и изменять его. Так, увеличение времени проявления примерно в два раза повышает контрастность негатива на 20 %, в полтора раза увеличивается чувствительность фотоматериала, но плотность вуали при этом возрастает. Проявитель № 2 относится к числу мелкозернистых. Из большого числа подобных ему может быть рекомендован проявитель Д-76. При 20 °С средняя продолжительность проявления этим проявителем 15 мин. Проявитель повышает эффективную светочувствительность фотоматериала в два-три раза и хорошо выравнивает контраст, что очень важно при съемках в горных выработках на одну пленку при различных условиях освещения. Увеличение количества буры (см. табл. 5) до 15–20 г на 1 л значительно увеличивается контрастность негатива. Недостатком проявителя Д-76 является его быстрая истощаемость. В 1 л проявителя можно обработать не более трех пленок. Применяя приведенный в таблице подкрепляющий раствор (добавляя 12–15 мл после каждой пленки), в том же количестве проявителя можно обработать 10–12 пленок.

Для проявления аэрофотопленки "Изопанхром 17" рекомендуется проявитель УП-2 (см. табл. 5).

Стандартный проявитель № 1 используется для проявления фотобумаги; в 1 л проявляют 1 м² или 100 листов формата 9х12 см. Могут

Таблица 5

Вещество	Проявители для фотосъемок					Проявители для фотобумаги	
	стандартный № 2	Д-76		№ 3	УП-2	стандартный № 1	А-125 (запасной)
		рабочий раствор	подкрепляющий раствор				
Метол, г	8	2	3	1,5	5,0	1	3
Сульфит натрия безводный, г	125	100	100	100	40	26	45
Гидрохинон, г	—	5	7	1	6,0	5	12
Сода безводная, г	6	—	—	—	31	20	55
Бура кристаллическая, г	—	2	20	1,5	—	—	—
Борная кислота, г	—	—	—	2,0	—	—	—
Калий бромистый, г	2,5	—	—	0,15	4,0	1	2
Вода, л	до 1	до 1	до 1	до 1	до 1	до 1	до 1

быть использованы также и другие проявители для фотобумаги, например А-125 (запасной), одна часть которого для нормального проявления разбавляется тремя частями воды. Для повышения контраста отпечатков разбавление нужно уменьшить или использовать только запасной.

Закрепление проявленного изображения лучше всего проводить в кислом фиксаже, который отличается от обычных лучшей сохраняемостью. Кроме того, он быстро останавливает процесс проявления и устраняет желтые пятна на отпечатках, иногда возникающих при проявлении. Рецепт кислого фиксажа: тиосульфат натрия кристаллический — 250 г, сульфит натрия безводный — 10 г, метабисульфит калия — 25 г, вода — до 1 л. Фиксирование при температуре около 18 °С длится 15–20 мин (время, за которое кусочек засвеченной негативной пленки, опущенный в закрепитель, полностью просветляется). Добавка в закрепитель 20–40 г хлористого аммония увеличивает скорость закрепления в два-три раза. В 1 л раствора можно закрепить до 10 пленок или 130 листов бумаги формата 9х12 см. Указанные нормы могут быть увеличены примерно на 50 %. Практика показывает, что фиксирующие растворы можно использовать до тех пор, пока время фиксирования не будет удвоено по сравнению с временем действия свежих растворов.

В условиях высокой температуры окружающего воздуха (свыше 30 °С) следует пользоваться рецептами дубящих проявителей и фиксажей. При составлении растворов следует иметь в виду взаимозаменяемость некоторых веществ (табл. 6). Следующее по рецепту вещество вводится в раствор только после полного растворения предыдущего.

Таблица 6

Основное вещество	Масса, г	Знаменатель	Масса, г
Сульфат безводный	1	Сульфит кристаллический	2
Сода безводная	1	Сода кристаллическая	2,7
Поташ	1	Сода безводная	0,77
		Сода кристаллическая	2,1

Негативный процесс состоит из проявления пленки, промежуточной промывки, закрепления и окончательной промывки. Длительность проявления может быть отличной от рекомендованных рецептами проявителей. Например, если объект съемки малоконтрастен или если съемка производилась при недостаточном освещении, время проявления следует увеличить, а при съемке контрастного объекта и при избытке света уменьшить. Проявленную пленку промывают в течение 0,5–1 мин в воде. Окончательная промывка после закрепления должна проводиться до полного удаления тиосульфата.

Под влиянием фотохимической обработки происходит деформация фотоматериалов. Для определения ее величины на негативе были сопоставлены расстояния между координатными метками (или другими точками кадровой рамки) на фотокамере и соответствующими точками,

изображающимися на фотопленке. Измерения, проведенные на стереокомпараторе, показали, что расхождение указанных расстояний для современных фотопленок, используемых на малоформатных фотоаппаратах, составляют вдоль пленки 1,88 %, а поперек 1,32 %. Причем эти показатели получены не только в результате влияния фотохимической обработки, но также из-за неплотного прилегания пленки к кадровой рамке. Характер и величина деформации фотобумаги установлены в результате измерения изображения контактно отпечатанных контрольных сеток с ячейкой $5 \pm 0,005$ мм. При обработке более 600 замеров установлено, что после фотохимической обработки наблюдается сжатие фотобумаги с примерно постоянной относительной деформацией. Для тонкой глянцевой контрастной фотобумаги эта деформация равна примерно 0,5 %.

2. ПЕЧАТЬ И ФОТОГРАММЕТРИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА СНИМКОВ

Проекционная печать фотоснимков производится на обычных фотоувеличителях типа "Нева", "Москва", УПА, ТПУ и др. Наиболее удобны для печати, подбора масштаба и трансформирования снимков универсальные увеличители типа "Беларусь".

Подбор масштаба при печати можно производить по изображению рейки или других масштабных приспособлений. Путем изменения высоты проектора получают необходимое увеличение на экране. Необходимый масштаб отпечатка можно также получить расчетным путем по данным отстояния (L), фокусного расстояния объектива аппарата (f) и увеличения при печати (k) по формуле $M = \frac{L}{f}$, где M — знаменатель масштаба.

Величина k определяется из соотношения расстояний между координатными метками (а при их отсутствии — по сторонам кадра) на негативе и экране увеличителя.

Для уменьшения ошибок "за рельеф" при проекционной печати применяется проектирование изображения на среднюю плоскость. При этом обеспечивается более равномерное распределение ошибок по площади снимка. Средняя плоскость является симметричной по отношению к неровностям фотографируемой поверхности. Такой прием применяется в том случае, если масштабная рейка располагается на выступе или углублении снимаемой поверхности. В первом случае величина изображения рейки должна быть уменьшена, во втором — увеличена. Величина изображения рейки по средней плоскости может быть вычислена по формуле [16]

$$d_2 = d_1 \left(1 \pm \frac{h}{2L}\right),$$

где d_2 — величина изображения на экране, соответствующая проектированию на среднюю плоскость; d_1 — величина изображения, соответствующая принятому масштабу фотодокументации; h — амплитуда неровности фотографируемой поверхности; L — отстояние.

В случае отсутствия на негативе масштабных реек масштаб снимка, приведенный к средней плоскости, можно определить по среднему отстоя-

нию, вычисленному как среднее арифметическое из суммы измеренных расстояний от точки съемки до наиболее удаленной точки углубления и до наиболее близкой точки выпуклости. Нужно отметить, что определение масштаба по изображению масштабных приспособлений предпочтительнее расчетного, так как при этом автоматически учитывается равномерная деформация фотоматериалов.

Небольшие искажения перспективы изображения могут быть частично исправлены в процессе печати путем трансформации снимка. Это возможно в том случае, если печать производится на экране, поставленном к плоскости негатива под углом, равным углу между плоскостями снимка и фотографируемой поверхностью откоса. Для этой цели на экран укладывают ровную доску с соответствующими подкладками или изготовляют специальные приспособления, позволяющие закреплять экран под нужным углом наклона. Трансформация упрощается, если ее производить по изображению прямоугольного шаблона путем сравнения его на наклонном экране с подобным шаблоном, вычерченным в соответствующем масштабе. Наклоняя и поворачивая экран, добиваются такого положения, при котором все стороны изображения шаблона совпадают со сторонами вычерченного шаблона. Для сохранения резкости по всей плоскости отпечатка наводку производят при полностью открытом объективе по средней высоте наклонного экрана, после чего объектив диафрагмируют.

Полное исправление перспективных искажений возможно лишь при отклонении от параллельности плоскостей снимка и фотографируемой поверхности до 5° . При углах свыше 5° перспективные искажения могут быть исправлены только в пределах шаблона.

Прозрачные негативы со слабо намеченными деталями нужно печатать при небольшой освещенности и соответственно длительной выдержке. Плотные негативы, у которых детали в светах и тенях с трудом просматриваются, следует печатать с короткой выдержкой при большой освещенности.

На отпечатках при сплошной документации следует добиваться такого изображения, чтобы стыки соединенных в панораму соседних снимков были менее заметны. С целью улучшения печати с негативов, имеющих различную плотность, рекомендуется частично прикрывать светлые участки. Для выравнивания тона изображения можно также применять теплый проявитель, протирая им с помощью ватного тампона отдельные места на отпечатке, отстающие в проявлении.

Перед экспонированием фотобумаги ее с обратной стороны эмульсии маркируют. Простым карандашом проставляют дробное число, числитель которого обозначает номер кадра, а знаменатель — номер пленки. Такой порядок облегчает дальнейшую камеральную обработку фотоматериалов.

Промывка фотобумаги должна быть более продолжительной, чем промывка пленки, так как тиосульфат пропитывает не только эмульсионный слой, но и бумажную подложку. При температуре воды 20°C фотобумагу на тонкой подложке промывают не менее 1 ч, а на толстой (картон) — не менее 1,5 ч. Сушка производится при комнатной температуре

на рамках с натянутой марлей, чтобы бумага не деформировалась и не меняла масштаба изображения.

3. СОСТАВЛЕНИЕ ФОТОМОНТАЖА

При сплошной фотодокументации отдельные снимки монтируются в фотопанораму (фотосхему). Она состоит из отпечатков последовательно сфотографированных интервалов горных выработок. Место стыка выбирается на середине перекрытия снимков соседних интервалов. Снимки укладываются на ровную поверхность. Совмещение идентичных точек каждого последующего снимка с предыдущим осуществляется способом "мигания", т. е. при быстром поднятии и опускании верхнего края перекрывающего снимка. Эту операцию удобно производить на светостоле. В случае несовпадения некоторых контуров совмещение производится по контактам маркирующих горизонтов или по другим сюжетно важным точкам. После совмещения точек производится обрезка лишних перекрывающихся частей, причем одновременно обрезаются два снимка. Обрезка производится параллельно вертикальным сторонам кадра с помощью металлической линейки, скальпеля или острого ножа. Обрезанные снимки скрепляются между собой лейкопластырем или склеивающимися лентами на хлорвиниловой или лавсановой основе (типа ЛТ-40). Можно использовать также следующий способ монтажа: каждый снимок, входящий в панораму (кроме последнего), обрезается с помощью фоторезака по средней линии перекрытия одного из краев (например, правого), после чего каждый предыдущий снимок накладывается обрезанным краем на последующий так, чтобы совпали одинаковые точки изображения. Вдоль обрезанного края проводится карандашная линия, по которой обрезается последующий снимок.

Совпадение идентичных точек при относительно ровной фотографируемой поверхности обеспечивается нормальной ориентировкой оптической оси фотокамеры и установленным соответственно расчету шагом съемки. Некоторое несовпадение точек при неровной поверхности можно уменьшить путем сокращения шага съемки.

4. ХРАНЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ ФОТОДОКУМЕНТАЦИИ

Негативные пленки, свернутые в рулон, хранятся в коробках с ячейками, на которых указаны порядковый номер, дата и краткое содержание всех фотодокументов по отдельным выработкам или группам выработок должно быть занесено в хронологическом порядке в инвентаризационный журнал.

Отдешифрированные отдельные снимки и фотомонтажи, а также снимки дополнительной съемки в более крупном масштабе и стереопары вместе с описаниями, сопровождающими фотосъемками, должны быть сшиты в альбом (или разложены по конвертам из плотной бумаги) по отдельным выработкам или группам выработок. Фотозаталоны горных пород и структурных особенностей данного месторождения хранятся в виде картотеки.

Глава VI. ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ДЕШИФРИРОВАНИЕ

Важным этапом в процессе геологической фотодокументации горных выработок является дешифрирование снимков, т. е. получение сведений по фотодокументам о геологическом строении заснятого участка. В основе дешифрирования лежит изучение взаимосвязей геологических элементов с теми компонентами, которые непосредственно изображаются на снимках [9, 16].

1. ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ДЕШИФРИРУЕМОСТЬ ФОТОСНИМКОВ

На дешифрируемость фотоснимков влияют масштаб и качество изображения, съемка отдельными кадрами или стереосъемка, наличие фотозаталонов, выявленные для конкретного месторождения четкие дешифрировочные признаки, полезные или камеральные условия дешифрирования.

Масштаб и качество изображения. Мелкий масштаб снимков (1:500—1:2000) позволяет одновременно наблюдать значительную часть вскрытой горными выработками поверхности (в основном это относится к карьерам, см. рис. 14, а, б). При этом увеличивается обзорность снимков, четче вырисовываются крупные структурные элементы (складки, дизъюнктивные нарушения, зоны дробления и др.). По крупномасштабным снимкам (1:20—1:200, см. рис. 30 и 32) лучше производить детальные геологические наблюдения, например изучение строения и мощности отдельных слоев, их структурно-текстурных особенностей, а на снимках, масштаб которых крупнее 1:10, возможно изучение и минерального состава. Правильно выбранный масштаб снимка, который должен соответствовать целевому назначению фотодокументации, определяет оптимальную степень геологической дешифрируемости [13]. Но при этом следует различать масштаб снимка и отпечатка. Увеличенные отпечатки не дают возможности видеть более мелкие детали, а лишь позволяют рассматривать полученные детали в более крупном масштабе. При работе с фотоснимками целесообразно использовать 7—10-кратное увеличение изображения; при большем увеличении теряется резкость изображения, а следовательно, и его детали.

Успех дешифрирования во многом зависит также и от качества снимков. Нерезкое изображение, высокая контрастность или, наоборот, серые тона искажают правильность восприятия, а отсюда снижается и надежность дешифрирования. Поэтому весьма важен правильный выбор условий съемки (применение штатива, соответствующего условиям съемки, выбор экспозиции, сменного объектива и др.) и подбор фотоматериалов.

Стереоскопические снимки благодаря их объемному восприятию позволяют получить более полную информацию о характере контактов пород разного состава, направлении и интенсивности трещиноватости, разрывных нарушениях и др. На рис. 16 приводится пример стереопары, полученной при съемке пластов свиты "В" на Богословском буроугольном месторождении. Под стереоскопом подробно выявляется строение

этого комплекса пород, более четко прослеживаются контакты угольных пачек и породных прослоев, хорошо различаются структура песчаников, ориентировка их плоскостей напластования, а также трещин отдельности.

Важную роль в процессе дешифрирования играют фотоэталонные снимки, которые должны удовлетворять следующим условиям.

1. Снимок-эталон должен быть сделан в одинаковых условиях с сопоставляемыми дешифрируемыми снимками, т. е. при одинаковых технических условиях съемки, фотоматериалах и их лабораторной обработки (условия лабораторной обработки должны быть, по возможности, стандартными).

2. На снимке-этalone должны быть отражены только те признаки, которые характерны для конкретного геологического элемента.

3. Используемый в качестве эталона снимок должен являться составной частью определенного набора эталонов, охватывающих все типы и варианты типов изучаемых объектов в пределах данного месторождения.

4. Применение эталонов будет тем эффективнее, чем крупнее масштаб документации. Использование эталонов [5] повышает достоверность камерального дешифрирования от 5 до 40 %.

Эталоны должны использоваться не только непосредственно при дешифрировании, но и для того, чтобы выработать устойчивые зрительные образы. При словесной характеристике дешифровочных признаков теряется определенная часть информации, касающаяся некоторых трудноуловимых, но важных для дешифрирования особенностей наглядности [3].

Особенно важно эталонирование в начальном этапе дешифрирования, до приобретения опыта работ с фотодокументами. В последствии дешифрирование осуществляется автоматически путем сличения изображений с эталонами, хранящимися в памяти дешифровщика.

Дешифровочные признаки. Геологические элементы, отличающиеся друг от друга в натуре формой, строением, цветом, структурой и другими признаками, различаются также и на фотоснимках. Но на снимках объекты изображаются в уменьшенном масштабе с некоторыми искажениями формы, обусловленными особенностями центральной проекции и в виде тоновых различий вместо цветовых. В связи с этим объекты на снимках опознаются по тем особенностям их фотоизображения, которые отличают их друг от друга, т. е. по дешифровочным признакам.

Признаки отражающие свойства самих геологических элементов (цвет, форма, структурно-текстурные особенности), называются прямыми. Признаки, которые получили свое отражение во взаимосвязи объекта с другими явлениями (рельеф фотографируемой поверхности, следы режущей части механизмов, увлажненность пород и др.), называются косвенными.

Классификация дешифровочных признаков на прямые и косвенные хотя и страдает некоторыми недостатками (например, прямые признаки часто бывают неоднозначны, т. е. повторяются в одинаковой форме для различных объектов), однако большинство исследователей склонны придерживаться именно такого принципа группировки как наиболее

универсальной. Аргументируя разделение дешифровочных признаков на прямые и косвенные, Я.Г. Кац и М.Л. Копл заключают, что классификация должна отражать степень значимости признаков. В то же время В.Т. Мартынов и А.Г. Воларович считают нецелесообразным выделять среди дешифровочных признаков прямые и косвенные, так как только комплекс признаков может дать правильное представление о наблюдаемом объекте [13].

Значение отдельных дешифровочных признаков может быть различным в зависимости от горно-геологических условий, от технических условий съемки, а также от задач фотодокументации. Спокойное залегание и литологическая выдержанность толщ, небольшое количество или отсутствие тектонических нарушений, интрузивных или жильных образований определяют относительную устойчивость дешифровочных признаков, создавая тем самым благоприятные условия для широкой интерполяции и экстраполяции. Пестрота и фациальная изменчивость геологических толщ, наличие большого количества разрывов и несогласий заставляет более осторожно подходить к заключению об аналогии признаков. Но даже при наличии на одном месторождении устойчивых дешифровочных признаков дешифрирование по аналогии на другом месторождении может привести к некоторым ошибкам, так как переход из одного района в другой всегда связан с более или менее существенными изменениями геологической обстановки. В результате этого признака, оцениваемые на одном месторождении как надежные, на другом окажутся менее надежными. В каждом конкретном случае используется определенный признак или комплекс признаков, но не все признаки, и анализ при этом производится с равной детальностью. Так, например, для месторождений с четко выраженным яркостным контрастом вмещающих пород и полезного ископаемого основным дешифровочным признаком является тон изображения, подчеркивающий характер залегания геологических объектов и их границы. Для месторождений с близкими показателями отражательной способности различных слоев дешифрирование ведется по комплексу признаков.

Дешифровочные признаки, как показали опытные работы на полиметаллических карьерах (В.А. Антонов и др.), неодинаковы для снимков разного масштаба. Поэтому для повышения надежности авторы предлагают их группировать согласно масштабам 1:10 — 1:50, 1:100 — 1:500 и мельче 1:500.

Ниже приводится описание основных дешифровочных признаков.

Тон фотоизображения — важный, но не решающий дешифровочный признак. Фототон прежде всего зависит от яркости и цвета снимаемого объекта. Яркость и цвет горных пород определяются минеральным составом, условиями образования и вторичными изменениями. Различия в яркости и цвете пород передаются на черно-белых фотоснимках различиями в тоне. Но изменение тона фотографического изображения, кроме того, зависит еще от условий освещенности (тени от трещин и заколов, различная ориентировка отдельных участков документации по отношению к источнику света) и увлажненности поверхности.

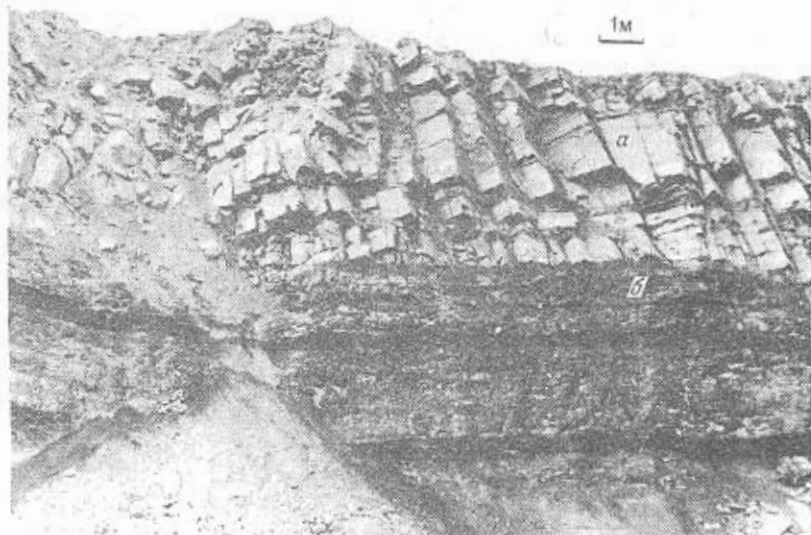


Рис. 17. Рельеф откоса уступа при различном петрографическом составе пород. Кедровский карьер.

а — песчаник; б — углистый алевролит

Ровным поверхностям в природе соответствуют более однородные тона на снимках. Трещиноватость, рассланцованность и раздробленность пород, которые проявляются в рельефе фотографируемой поверхности резкими выступами и углублениями, изображаются на снимках в виде пестрого тона (рис. 17, а). Наличие на однородных породах теней затрудняет дешифрирование, но в то же время они являются надежным признаком при изучении систем трещиноватости, тектонических нарушений и зон рассланцования. Поверхности одних и тех же пород, ориентированные под различным углом по отношению к источнику света, изображаются на снимке разным фототонем. Фототон сухих пород светлее влажных. Вода, заполняя микротрещины и поры, снижает отражательную способность горных пород. В условиях одинаковой увлажненности породы с близкой отражательной способностью и различной водопроницаемостью могут приобретать большой контраст относительно друг друга. Дешифрируемость снимков таких увлажненных пород повышается.

Яркость при вторичных процессах носит пятнистый характер. Она приурочена к пустотам и трещинам, может пересекать слои разного петрографического состава. Фототон таких участков резко отличается от обычного изображения.

Таким образом, фототон может изменяться в очень широких пределах. При этом одни и те же горные породы могут иметь на снимке разный фототон и, наоборот, одинаковый фототон изображения может соответствовать разным породам. Вследствие этого для опознавания горных пород

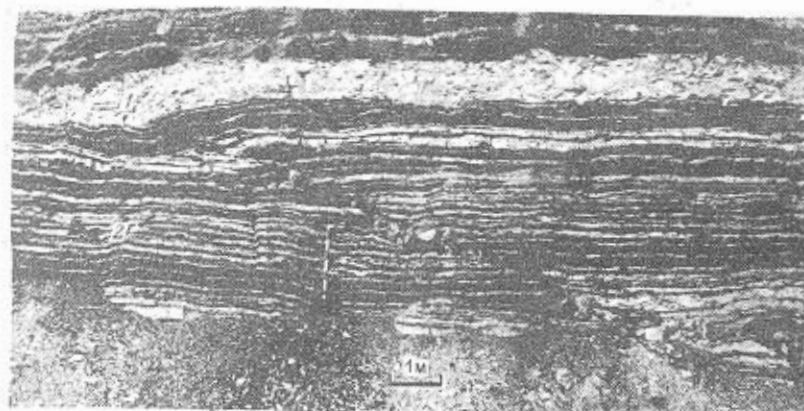


Рис. 18. Затухающее разрывное нарушение (взброс). Богословский карьер.

1 — песчаник; 2 — переслаивание пачек угля и песчано-алевритовых прослоев

на снимках в основном используется не абсолютное значение фототона, а его различие при совместном изображении этих пород.

Форма геологических объектов или конфигурация любых естественных границ является весьма существенным дешифровочным признаком при определении элементов тектоники, секущих тел и строения пластов. По характерной линейной форме опознаются разрывные нарушения (см. рис. 19), магматические и кластические дайки и границы слоев, различающихся по составу (см. рис. 15, 30). По взаимному расположению элементов разрывного нарушения можно судить о его форме и типе (рис. 18, см. рис. 30).

Форма геологических объектов может играть большую или меньшую роль при дешифрировании в зависимости от того, насколько она постоянна. Так, например, среди слабосцементированной песчано-алевритовой толщи Ирша-Бородинского бурого угольного месторождения встречаются включения очень крепких песчаников. Они опознаются на снимках по характерной овальной форме и определенным размерам. Этот признак при дешифрировании имеет вспомогательное значение, но и в данном случае он выступает как основной (рис. 19).

Большинство горных пород разбито трещинами. Трещины хорошо наблюдаются на снимках масштаба 1:100 и более крупных. Они могут быть прямолинейными, изогнутыми и ломаными. Взаимно пересекающиеся трещины ограничивают блоки разного размера и формы. Поэтому трещиноватость (относительное число, длина и ширина трещин разных систем, их конфигурация и взаимное расположение) также является дешифровочным признаком, отражающим форму. Трещиноватость пород часто служит индикатором их состава. Например, трещиноватость у алевролитов будет менее интенсивная, чем у углей, залегающих совместно с алевролитами. В приконтактной зоне вблизи изверженных пород в угле появляется характерная призматическая отдельность, довольно четко различаемая на снимке.

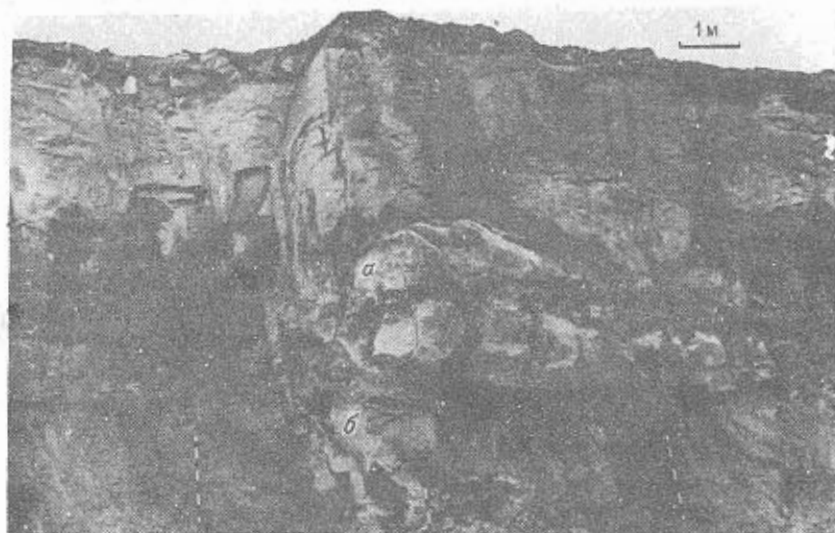


Рис. 19. Дешифровочный признак — форма залегания пород. Ирша-Бородинский карьер. Линзы крепких песчаников (а) среди слабосцементированной песчано-алевритовой толщи (б)

Структурно-текстурные особенности на изображении определяются формой, размером и закономерным пространственным расположением отдельных компонентов горной породы, которые свободно наблюдаются микроскопически. Структурно-текстурный признак проявляется в основном в изменении фототона, формы и размера отдельных участков изображения. Несмотря на то что фототон может изменяться в широких пределах в зависимости от условий съемки, на отдельных участках снимка сохраняется фототон, отличаясь большим или меньшим контрастом, а поэтому изображение структурно-текстурных особенностей — довольно устойчивый дешифровочный признак. Этот признак может быть основным при дешифрировании литологических разновидностей участка, а при крупноплановых съемках — минерального состава горных пород. Связь изображения структуры и текстуры с участками распространения конкретных пород часто зависит от местных геологических условий, и поэтому не может быть перенесена за границы данного месторождения.

Из косвенных признаков наиболее существенным в процессе дешифрирования является рельеф фотографируемой поверхности. Он во многом зависит от литологических особенностей вскрываемых пород. Рельеф поверхности обнажений довольно четко связан с геологическими условиями, а поэтому, изучая его, можно получить весьма ценные сведения для дешифрирования вещественного состава пород, элементов тектонической нарушенности и инженерно-геологических явлений. Связь рельефа обнажений с петрографическим составом пород проявляется, например, в приуроченности более твердых пород к положительным формам

(всевозможные выступы), а более мягких — к отрицательным (см. рис. 17). О твердости пород можно судить также по следам зубьев горных машин: глубокий и четкий след характерен для обнажений, сложенных слабосцементированными породами (см. рис. 19). Взаимосвязь рельефа и разрывных нарушений может выражаться в приуроченности последних к резким прямолинейным перегибам фотографируемой поверхности. Однако при использовании рельефа обнажений как дешифровочного признака необходимо учитывать особенности снимков, полученных с помощью телеобъективов и объективов с коротким фокусным расстоянием. В первом случае рельеф будет казаться уплощенным, а во втором будет наблюдаться преувеличение рельефа.

Увлажненность пород снижает их коэффициент отражения. Поэтому на снимке влажные породы выглядят более темными, чем сухие (см. рис. 31).

Трещинные и пластово-трещинные воды распространены главным образом на месторождениях, претерпевших значительные тектонические воздействия. На разрабатывающихся подобных месторождениях повышенная влажность пород обычно приурочена к крупным трещинам и тектоническим нарушениям. Границы увлажнения пород, как правило, не совпадают с напластованием (см. рис. 30).

Пластовые воды чаще всего распространены на месторождениях, сложенных относительно спокойно залегающим песчано-глинистым комплексом пород. Здесь водопроявление обычно приурочено к определенным пластам. При вскрытии их горными работами породы этих пластов будут отличаться повышенной влажностью. Граница увлажнения пород водоносных горизонтов, как правило, совпадает с напластованием.

2. МЕТОДИКА ДЕШИФРИРОВАНИЯ

В зависимости от условий выполнения геологического дешифрирования материалов фотодокументации различают полевое и камеральное дешифрирование.

Полевое дешифрирование выполняется непосредственно в выработках по изготовленным снимкам или фотопанорамам. Сравнивая фотоснимок с документируемой поверхностью, на нем карандашом отмечают литологические разновидности, наводят границы близких по тональному изображению пород, уточняют структурные элементы. В полевом журнале делают необходимые описания. Полевое дешифрирование проводится с максимальной полнотой и детальностью, независимо от того, будут или не будут использованы его результаты при окончательном оформлении документации. В начальной стадии освоения фотодокументации полевое дешифрирование является основным способом интерпретации фотодокументов. В дальнейшем снимки полевого дешифрирования могут служить эталонами для производства камерального дешифрирования.

Камеральное геологическое дешифрирование производится в лабораторных условиях. Причем используются не только изобразительные

особенности снимков в основном масштабе фотодокументации, но и дополнительные снимки в крупном масштабе, стереоснимки, фотоэталонны, а также образцы пород, отобранные в процессе документации. Результаты обработки проб с участка документации и описания в полевом журнале, сопровождающие фотосъемку, помогают правильно истолковать геологическое строение документируемого участка по снимкам.

Общие принципы геологического дешифрирования на каждом конкретном месторождении уточняются и детализируются. Умение правильно дешифрировать снимки приобретает не сразу. По мере накопления опыта, логически сопоставляя и увязывая между собой в определенной последовательности данные дешифрирования и геологические особенности изучаемого месторождения, надежность метода будет возрастать.

Как и при любых геологических наблюдениях, предварительно перед дешифрированием желательнее составить себе общее представление о структуре и литологических особенностях изучаемого участка по фоновым материалам и описаниям, сделанным в натуре во время съемки. Начинать дешифрирование необходимо с беглого просмотра фотомонтажа заснятого участка или мелкомасштабного снимка данного участка с изображением прилегающих участков.

Прежде всего, на фотоснимках дешифрируются какие-либо общие элементы геологического строения, не вызывающие сомнения. Выделяются фотомаркирующие горизонты¹, ясно выраженные складчатые и разрывные нарушения, проявляются полевые замеры элементов залегания. Все знаки рекомендуется ставить и проводить не по линиям, видимым на снимке, а рядом с ними, чтобы не закрывать изображения для дальнейшего изучения и проверки. Контакты проводятся очень тонкими линиями, чтобы не изменить естественного рисунка снимка.

Дешифрирование основных литологических разновидностей. Используя характерные для каждого месторождения дешифровочные признаки (тон изображения, структурно-текстурные признаки, трещиноватость, стратиграфическое положение и др.) геолог может дать по снимкам подробное заключение о литологических особенностях вскрываемых пород.

Приведенные ниже дешифровочные признаки наиболее распространенных горных пород, установленные по данным наших полевых наблюдений, отражают прежде всего основные макроскопические показатели пород, т. е. цвет и структурно-текстурные особенности.

Для конгломератов и гравелитов характерны округлые формы рельефа фотографируемой поверхности. Поэтому на снимке их отличает от других пород бугристый вид. Ввиду слабо выраженной слоистости и малой трещиноватости конгломератов и гравелитов на их фотоизображениях часто отсутствуют соответствующие дешифровочные признаки. Снимки этих пород при их хорошей дешифрируемости имеют большую ценность, чем визуальная зарисовка, поскольку на фотоизображении особенно в масштабе 1:10 находят отражение такие важные черты строе-

¹ Горизонты, четко выделяющиеся на снимке по характерным дешифровочным признакам.

ния, как форма, размер, окатанность и ориентировка галек, а иногда и их состав. Следовательно, по снимкам можно судить о количественном соотношении галечного материала и цементной массы, а возможно, и о соотношении галек различного состава.

Песчаники. Несмотря на большое разнообразие состава песчаников и их внешнего облика, они опознаются на снимках без особого труда по характерным признакам, обусловленным их физико-механическими свойствами. Высокие прочностные показатели песчаников определяют небольшую густоту трещин, которые в свою очередь создают крупные блоки. Поэтому для фотоизображения песчаников характерен ступенчатый рельеф поверхности обнажения (см. рис. 17). Иногда кроме основных систем прямолинейных трещин в песчаниках наблюдаются концентрические трещины, обуславливающие шаровую отдельность, однозначно дешифрируемую на снимках. Прочностные свойства песчаников, как правило, выше других пород, залегающих совместно с ними. Поэтому в обнажениях они создают характерные карнизы и уступы (см. рис. 17, 19). Поверхность блоков большей частью ровная. Полосчатость не всегда выражена хорошо. Фототон песчаников обычно светлее окружающих пород. Размер (реже состав) зерен песчаников определяется только на снимках в масштабе 1:5 и крупнее.

Алевролиты на месторождениях, где развиты цементированные породы, по своим дешифровочным признакам близки к аргиллитам, от последних их отличает более светлый тон изображения. На месторождениях со слабощементированными породами алевролиты по фототону и структурно-текстурным признакам мало чем отличаются от песчаников, но характеризуются тонкой слоистостью, которая изображается на снимках полосчатостью (см. рис. 17, 30). Обилие растительного детрита в алевролитах создает хорошо распознаваемый структурный рисунок лишь на снимках в масштабе 1:5 и крупнее.

Аргиллиты, как правило, имеют массивное сложение. Примесь песчанистого и углистого материала создает тонкую слоистость. Как и алевролиты, аргиллиты благодаря трещиноватости подвержены быстрому выветриванию. Из-за относительной мягкости этих пород на снимках хорошо видны глубокие следы зубьев горных машин. Формы рельефа на стенках горных выработок, сложенных аргиллитами, часто сглажены.

Известняки обычно хорошо опознаются на снимке по светлому фототону. Благодаря их физико-механическим свойствам они имеют массивную структуру (см. рис. 31), ступенчатый или крупноволнистый рельеф обнажений. Кроме того, для известняков нередко характерны пустоты выщелачивания и сложные системы ветвящихся трещин.

Для магматических пород характерно отсутствие слоистости, форма залегания чаще секущая с ровными контактами, для апофиз характерна направленная форма тела с многочисленными ответвлениями. Реже наблюдается пластообразная форма. Рельеф обнажений ступенчатый или мелкоступенчатый.

Систематизация вышеприведенных дешифровочных признаков для масштаба документации 1:50—1:200 приведена в табл. 7. Необходимо также

Таблица 7

Породы	Прямые дешифровочные признаки			Косвенные дешифровочные признаки	
	Фототон	Изображение структурно-текстурных особенностей	Трещиноватость	Рельеф обнажения	Прочие
Конгломераты, гравели	От светлого до серого	Массивность, пятнистость	Ветвящаяся и редкая по напластованию	Мелковолнистый	—
Песчаники	От почти белого до серого	Массивность, редкая полосчатость	Крупные блоки отдельности	Ступенчатый, волнистый с острыми гребнями	Козырьки и выступы в обнажении
Алевриты	От почти белого до серого	Плитчатость чешуйчатость, полосчатость	Интенсивная, нормально секущая и по напластованию	Мелкочешуйчатый	Следы зубьев горных машин
Аргиллиты	От серого до черного	Чешуйчатость, тонкая полосчатость	Интенсивная, чаще по напластованию	Часто сглаженный	Глубокие следы зубьев горных машин
Известняки	От белого до серого	Массивность	Нормально секущая, по напластованию и др.	Ступенчатый, крупноволнистый	Возможны пустоты выщелачивания
Магматические	От серого до темно-серого	Массивность плитчатость	Редкая, интенсивная	Ступенчатый	Преимущественно секущее залегание

отметить, что сцементированные породы опознаются по резкому рельефу стенок выработок, для несцементированных характерен сглаженный рельеф.

Среди осадочных пород иногда наблюдается настолько частое переслаивание пород различного состава, что чисто литологическое дешифрирование становится невозможным, так как отдельные слои вследствие своей небольшой мощности не имеют устойчивых признаков для дешифрирования и не могут быть выделены в масштабе снимка. В таких случаях группа характерных дешифровочных признаков, как правило, устанавливается для всего литологического комплекса, занимающего определенное стратиграфическое положение в геологическом разрезе данного участка. Чем мельче масштаб снимков, тем большее значение будут при-

обретать элементы дешифрирования по стратиграфическому принципу, а элементы чисто литологического дешифрирования будут хотя и существенными, но подчиненными в общем процессе дешифрирования.

Дешифровочными признаками литологических комплексов могут служить определенная перемежаемость различных пород, отличающихся своим цветом, мощностью или другими показателями, а также присутствие в комплексе отдельных слоев, играющих роль фотомаркирующих горизонтов.

Дешифрирование нарушений в залегании горных пород. Благоприятными условиями для дешифрирования складчатых нарушений по материалам фотодокументации являются: наличие литологической перемежаемости в геологическом разрезе, масштаб снимков, соответствующий порядку складчатых структур, и хорошее качество снимков. Чем разнообразнее вещественный состав пород (породы отличаются по цвету, структурно-текстурным особенностям и трещиноватости), тем резче и детальнее отображаются на снимках условия залегания отдельных пластов и их взаимоотношения. Наличие фотомаркирующих слоев особенно важно для дешифрирования различных структурных форм в случае однообразного состава с плохо выраженными признаками, раскрывающими условия залегания. Уже в процессе дешифрирования литологических разновидностей выявляются основные контуры пород документируемого участка. Складчатые формы нарушения опознаются по характеру залегания пластов и их изгибам, определяются отдельные элементы нарушения и размеры этих элементов. На снимках часто кроме основных складчатых структур видны мелкие изгибы и разрывы, осложняющие эти складки (см. рис. 9). Последние не всегда выявляются при визуальном осмотре обнажения.

Мелкая складчатость вблизи тектонических нарушений (изгибы слоев, подвороты) и пloyчатость расшифровываются обычно на снимках основного масштаба документации (см. рис. 19). Построение крупных структурных элементов производится на мелкомасштабных снимках (1:500—1:1000) и фотомонтажах, где они проявляются благодаря большой обзорности по более отчетливому общему рисунку, большому комплексу признаков, позволяющих определить всю структуру в целом а также взаимоотношение с другими тектоническими элементами.

Отображение разрывных нарушений на снимках зависит от четкости разрывного шва, амплитуды нарушения и перемежаемости смещенных пластов. Характерным признаком небольших по протяженности нарушений типа сброса — взброса является прямолинейный след в обнажении их сместителя. Эти нарушения опознаются на отдельных снимках в основном масштабе документации. След сместителя, который прослеживается на несколько десятков метров и более, как правило, непрямолинеен. Региональные тектонические структуры легче выделяются на мелкомасштабных снимках (см. рис. 14, а, б), но отдельные элементы крупных нарушений могут быть дешифрированы и на снимках фотодокументации основного масштаба, которые затем по фотомонтажам увязываются воедино (см. рис. 30).

Основным признаком наличия разрывных нарушений является смещение пластов, а также нарушение условий залегания вблизи сместителя (подвороты пластов, зоны дробления). При частом переслаивании пород дешифрируемость разрывных нарушений ухудшается. Наличие хорошо выраженных фотомаркирующих горизонтов значительно облегчает дешифрирование. Так, на рис. 19 70-сантиметровый слой песчаника 1 изображается без смещения. Подстилающая его толща 2, состоящая из переслаивающихся угольных пачек и песчано-алевритовых прослоек, смещена по разрыву, причем это смещение увеличивается по мере удаления от песчаника. На снимке хорошо видны подвороты слоев и амплитуда смещения. Вдоль сместителя на снимках часто наблюдаются раздробленные боковые породы. Полоса сильно нарушенных и измененных пород у надвиговых нарушений (зона смятия) может значительно варьировать на отдельных участках нарушения. При отсутствии зон смятия и при совпадении линии разрыва с линией простираения пород диагностика пологих надвигов часто затруднена, однако знания геологического разреза и местных признаков дешифрирования помогают опознать нарушение, даже если линия разрыва недостаточно четко выражена.

Зона нарушенных пород обычно обуславливает повышенную циркуляцию подземных вод. Поэтому в обнажении крупные тектонические нарушения часто проявляются повышенной обводненностью, а на снимке потемнением фототона лежащего бока (см. рис. 30). Дешифрирование крупных нарушений позволяет обнаружить нарушения того же направления более низкого порядка.

Размыты дешифрируются по характерным нарушениям формы споя или целой серии слоев осадочных пород, свидетельствующих о деятельности водных потоков. Поверхности размыта всегда неровные, волнистые или зубчатые.

Стратиграфическое несогласие на снимке не всегда можно отличить от разрывного нарушения. Такое затруднение возникает при совпадении линии разрыва с простираем пород. В этом случае необходимо внимательно проследить линию контакта на всем протяжении. Эффективность определения несогласий по снимкам определяется возможностью одновременного обзора контактирующих толщ на большом расстоянии. Различные типы угловых несогласий проявляются в несоответствии падения подстилающих и перекрывающих пород, причем вышележащие слои залегают параллельно поверхности несогласия.

Магматические и кластические инъекции. Интрузивные породы в отличие от осадочных дешифрируются по отсутствию слоистости, однородному фототону и характерному сетчатому рисунку на снимке, отображающему систему трещин отдельности.

Магматические тела обладают большей твердостью и стойкостью по отношению к выветриванию в сравнении с осадочными породами. Поэтому они выделяются в обнажении и на снимках своими резкими очертаниями и выступами. Контакты изверженных пород с осадочными являются хорошими дешифровочными признаками. По характеру контактов можно судить о морфологических особенностях интрузивных тел и

условиях их внедрения в толщу осадочных пород: имеем ли мы дело с пластовыми или секущими телами, приурочены ли они к каким-нибудь тектоническим нарушениям и т. д.

Инъекции пластического материала в виде жил или даек небольшой мощности дешифрируются обычно по своей характерной линейно вытянутой форме, неровным контактам и часто иной окраске по сравнению с вмещающими породами. Особенно хорошо они выделяются при пересечении слоистых толщ.

О составе жильных тел иногда можно судить по фототону. Так, например, хорошо дешифрируются мелкозернистые песчаники кластической дайки по светло-серому, почти белому фототону и мелко-ступенчатому рельефу изображения на фоне темных углистых пород.

Оползни. Цементированные породы, захваченные процессами оползания, при движении раскалываются на ряд блоков и глыб, сохраняющих их первоначальную взаимную ориентировку. Поверхность тела оползня имеет ступенчатый вид. Бровка срыва обычно выражена четко. Иногда вследствие переувлажнения смещающихся масс тело оползня полностью теряет первоначальную структуру. Поверхность в этом случае имеет волнистый рельеф без крупных уступов и хорошо выраженных срывов.

3. ДОСТОВЕРНОСТЬ ДЕШИФРИРОВАНИЯ

По мере накопления опыта полевого, а затем камерального дешифрирования при неоднократном сопоставлении и увязывании данных дешифрирования и геологических особенностей изучаемого месторождения надежность метода будет возрастать. По материалам фотодокументации геолог, приобретший опыт дешифрирования и хорошо знакомый с основными закономерностями геологического строения месторождений, сможет дать стабильные данные. Так как процесс дешифрирования носит вероятностный характер, то, естественно, какое-то количество информации будет неверным.

Для выявления количественных показателей надежности камерального дешифрирования материалов фотодокументации на различных типах угольных месторождениях, разрабатываемых карьерами, нами проведены исследования по опознаваемости отдельных элементов геологического строения. С этой целью на месторождениях параллельно с фотодокументацией производилась контрольная визуальная геологическая документация с отбором образцов пород и угля. В результате полевого дешифрирования составлялись эталонированные образцы фотодокументов. Затем производилось камеральное дешифрирование всей фотодокументации. При сопоставлении отдешифрированных снимков и фотопанорам с контрольной визуальной документацией оценивалась степень достоверности.

Нужно отметить, что дешифрирование структур и различного рода нарушений условий залегания обычно не вызывает сомнений и имеет, как правило, стопроцентную вероятность. Полнота дешифрирования основных литологических разновидностей в основном определяется

Таблица 8

Группа сложности месторождения	Порода	Масштаб съемки ¹					
		1:1000 (основной)		1:2000		1:3000	
		Всего определенных	% совпадения с контрольными определениями	Всего определенных	% совпадения с контрольными определениями	Всего определенных	% совпадения с контрольными определениями
I Ирша-Бородинский карьер							
Почвенный слой		15	100	—	—	—	—
Супесь		20	85	—	—	—	—
Суглинок		24	83	—	—	—	—
Песчаник		140	96	7	100	—	—
Крепкий песчаник		22	100	2	100	—	—
Алевролит		123	89	10	80	—	—
Глинистый алевролит		25	80	—	—	—	—
Углистый алевролит		60	92	4	75	—	—
Сажистый уголь		31	97	—	—	—	—
Уголь		94	98	8	88	—	—
Всего		554	92	27	88	—	—
II Томусинская группа							
Магматическая		5	100	—	—	—	—
Гравелит		8	88	—	—	—	—
Песчаник		21	86	4	75	—	—
Алевролит		15	80	3	66	—	—
Углистый алевролит		12	75	—	—	—	—
Уголь		25	88	5	100	—	—
Всего		86	86	12	80	—	—
III Коркинский и Богословский карьеры							
Известняк		12	92	—	—	—	—
Конгломерат		15	87	—	—	—	—
Песчаник		104	89	12	75	9	55
Алевролит		73	89	10	60	7	43
Аргиллит		237	65	18	50	12	33
Углистый аргиллит		68	66	5	40	—	—
Уголь		287	88	22	77	16	62
Тонкое переслаивание угольных и алевролитовых прослоек		42	74	—	—	—	—
Всего		838	78	67	60	44	48

¹ С негативов указанных масштабов печатались снимки в масштабе 1:100.

группой сложности месторождения. В результате проведенных опытных работ по опознанию на снимках основных слоев, обнажающихся в уступах исследованных карьеров, нами составлена табл. 8, отражающая сходимость камерального дешифрирования пород с контрольными натурными определениями.

Анализируя экспериментальные данные, приведенные в таблице, можно сделать следующие выводы.

1. Наиболее высокая (более 90 %) дешифрируемость фотодокументов, полученных при основном масштабе съемки, достигается на угольных карьерах с простым геологическим строением, меньшая (около 80 %) — на карьерах со сложным геологическим строением.

2. При съемке в масштабе мельче основного дешифрируемость падает. Это относится в основном к фотодокументам, полученным на месторождениях III группы сложности¹. На месторождениях с простым геологическим строением уменьшение масштаба съемки в два раза почти не отражается на степени дешифрируемости.

3. Из литологических разновидностей наиболее высокую опознаваемость (почти 100 %) имеют угольные пласты и пачки для месторождений простого строения и около 90 % — для сложного. Песчаники надежно дешифрируются (около 90 %) на месторождениях всех групп. Конгломераты, гравелиты и магматические породы имеют высокую опознаваемость (90–100 %) благодаря их внешним особенностям и стратиграфическому положению. Дешифрируемость алевролитов, аргиллитов и их разновидностей составляет на простых месторождениях 80–90 %, на сложных — около 70 %.

Для повышения надежности дешифрирования используют цветную и спектрозональную съемку, поляризационные и другие светофильтры, метод фильтрации, изучение снимков в проходящем свете.

Глава VII. МЕТРИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА И ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ МАТЕРИАЛОВ ФОТОДОКУМЕНТАЦИИ

Метрическая обработка включает измерения длин, площадей и углов по фотоснимкам.

1. ИЗМЕРЕНИЯ ПО ФОТОСНИМКАМ

Снимки с установленным масштабом дают возможность получить важный элемент геологического познания — количественную информацию о геологическом строении: мощности и площади геологических тел и отдельных минеральных образований, их количественном соотношении, протяженности и густоте трещин, ориентировке пластов и различных структурных элементов.

Измерения производятся с помощью линейки, циркуля, транспортира и планиметра. Мощность тонких прослоев целесообразно измерять с помощью специальной шкалы толщины линий, вычерченной на прозрачной пленке, а также с помощью измерительных луп со шкалой в поле

¹ Инструкция по применению классификации запасов угля (1968 г.).

зрения (ЛИ-4 и др.). При измерении циркулем используется поперечный масштаб, применяемый в топогеодезических работах.

Графическая точность линейных измерений на снимке зависит только от способа измерений и практически одинакова для крупномасштабных снимков и четких геологических тел мощностью не менее 10 см. Линейные измерения по фотоснимку с заданной точностью ω можно провести только для тех объектов, минимальные размеры τ которых соответствуют графической точности измерений. На снимке масштаба 1:100 при точности линейных измерений 0,2 мм ошибка определения длины λ составит 20 мм. Если допустимая ошибка определения длины $\omega = 10\%$, то минимальные размеры объекта, которые можно измерить с такой точностью на снимке, составят $\tau = \frac{100 \cdot 20}{10} = 200$ мм.

Площади на фотографии измеряются известным способом с помощью планиметра или палеток. При решении геологических и смежных задач иногда непосредственные площадные измерения затруднены из-за небольшого размера и неправильной формы площади. Это имеет место при определении площади скопления различных минералов, например слюды в пегматитах, при определении гранулометрического состава обломочных пород и кусковатости взорванной горной массы, валунности и т. д. В этом случае поступают следующим образом. Измеряемую площадь S_1 вырезают из снимка по контуру изображения. Из той же фотобумаги вырезают контрольную фигуру правильной формы и определяют ее площадь S_k . Взвешивают на аналитических весах вырезки S_1 и S_k и вычисляют отношение масс вырезанных фигур P_{S_1} и P_{S_k} . Это отношение, численно равное отношению площадей $S_1/S_k = \Delta S$, позволяет вычислить искомую площадь $S_1 = S_k \cdot \Delta S$. Определение площадей сводится к взвешиванию вырезанных контуров P_{S_1} и вычислению $\Delta S_j = P_{S_j} / P_{S_k}$. Искомая $S_j = S_k \cdot \Delta S_j$.

В ЦНИГРИ предпринята попытка вести подсчет площади по негативу, используя разную оптическую плотность изображения соответствующих участков. По кривым изменения оптической плотности выделяются интервалы, а затем и площади, отвечающие различным породам. С помощью прибора "Бегающий луч" оптическая плотность измеряется автоматически по площади. По данным В.Т. Мартынова, этот способ на 20–35% точнее площадных измерений по глазомерным зарисовкам.

Л.П. Николаевой для измерения площади фотоизображения использовался электронный планиметр конструкции МГУ, фиксирующий контуры с одинаковой оптической плотностью. Угловые измерения производится в основном транспортом.

Простираемость пластов различных геологических структур определяется по их изображению, четко отдешифрованному контакту, прослою или слоистости, параллельной напластованию.

Фотоизображение структуры в горизонтальной плоскости, например по кровле выработки, позволяет непосредственно измерить транспортом простираемость относительно оси выработки. Зная азимут или дирекционный угол направления выработки, определяется азимут простираемости

структуры. С помощью горного компаса снимок можно ориентировать в пространстве, что упрощает непосредственные измерения азимутального угла. По снимкам вертикальных обнажений простираемость определяется относительно линии, соединяющей две точки структуры, располагающиеся в горизонтальной плоскости. Такие две точки выбираются на снимках противоположных стенок, откосов разных заходок и т. д. Положение точек и соединяющей линии определяется в результате построения в крупном масштабе с учетом результатов привязки снимков.

Видимый угол падения измеряется на фото вертикальных обнажений. Истинный угол падения определяется путем горногеометрических построений в проекции с числовыми отметками по координатам трех точек (см. гл. VIII). В связи с искажениями фотоизображений угловые измерения следует проводить в центральной части снимка.

2. ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ МАТЕРИАЛОВ ФОТОДОКУМЕНТАЦИИ

Метрические достоинства снимков характеризуются способностью точно воспроизводить фотографическим путем геометрические соотношения между элементами объекта.

На точность фотографического воспроизведения влияют, прежде всего, перспективные искажения, неровности фотографируемой поверхности, а также дисторсия объектива, деформация пленки при химической обработке и неплотный ее прижим к кадровой рамке во время съемки.

Искажения, вызванные дисторсией штатных и сменных объективов для любительских камер, деформацией и неприлеганием узких и широких пленок к кадровой рамке, получены по результатам измерения на стереокомпараторе изображений контрольных сеток и кадровой рамки с координатными метками. Средняя квадратическая погрешность определения размера контрольных сеток на узких пленках находится в пределах инструментальной точности стереокомпаратора, а на широкой пленке равна 0,03 мм поперек и 0,06 мм вдоль пленки при разбросе от среднего $\pm 0,2$ мм. Это указывает на высокую точность фотографического воспроизведения объективами для узкоплочных камер и ограниченную пригодность для геологической документации широкоплочных любительских камер. Величина искажения от "неприжима" и деформации пленки при ее обработке не превышала 2%. Поскольку фотобумага при химической обработке сжимается на 0,5%, а изображение на пленке увеличивается в среднем на 1,6%, то суммарное искажение на снимке составит около 1%. Поправку в 1% следует учитывать при высокоточных фотограмметрических определениях, вводя ее в непосредственные измерения или в расчеты элементов внутреннего ориентирования.

Метрические качества снимка зависят от погрешности дешифрирования, которая определяется разрешающей способностью светочувствительного слоя фотоматериалов, относительной цветовой контрастностью геологических объектов и качеством фотоизображения, связанным с соблюдением оптимальности режима съемки и лабораторной обработки.

Несмотря на небольшую величину погрешности дешифрирования, при измерениях на снимках необходимо учитывать данные, полученные опытным путем.

В связи с разной отражательной способностью прослой светлых пород изображаются на снимках с завышенной, а прослой темноокрашенных пород из-за "перекрытия" или "засветки" контактирующими светлыми породами с заниженной мощностью. Для угленосных пород Коркинского и Богословского месторождений такие искажения равны 0,5–1,0%. Ошибки дешифрирования и линейных измерений особенно сказываются на точности определения мощности небольших (менее 50 см) прослоев. Для прослоев мощностью менее 10 см ошибки определения мощности по сравнению со среднестатистической величиной возрастают в 1,5–2 раза.

Качество и детальность фотоизображения во многом предопределяются разрешающей способностью объектива. Поэтому, чтобы получить резкое изображение, позволяющее дешифрировать геологические детали и не снижать точности измерения мощности тонких пропластков, необходимо соблюдать наибольшее предельное расстояние и масштаб съемки. Последний определяется отношением размеров предмета на увеличенном в k раз снимке n и в натуре N : $f/L = n/N \cdot 1/k$. Для того чтобы прослой мощностью 10 мм N , минимально опробуемый дифференцированно, отобразился на снимке отрезком n не менее 0,2 мм (графической точности), необходимо при съемке с $L = 20$ м объективом с $f = 50$ мм отпечатки увеличить в восемь раз, т. е. $k = \frac{r \cdot n}{f \cdot N} = \frac{20000 \cdot 0,2}{50 \cdot 10} = 8$. При использовании телеобъектива "Таир-3" с $f = 300$ мм, при разрешающей способности $n = 1/20$ и увеличении $k = 5$ (принятом с учетом снижения качества негатива из-за атмосферных помех) съемку следует проводить с расстояния 300 м ($L = \frac{f \cdot N \cdot k}{n} = \frac{300 \cdot 10 \cdot 5}{0,05} = 300000$ мм). При $f = 180$ мм ("Юпитер-6") четкое изображение прослоя 10 мм обеспечивается, если $L = 180$ м; при $f = 500$ мм (МТО-500) $L = 500$ м, т. е. оптимальное расстояние равно $1000f$.

Таблица 9

Отстояние, м	Искажения (в %) при съемке объективами		
	"Юпитер-6"	"Таир-3"	МТО-500"
100–200	5,5	3,9	—
300	6,0	5,0	—
400	7,1	5,9	—
500	10,1	7,0	5,8
600	12,3	8,5	6,1
700	14,5	12,4	7,5
800	15,0	12,8	8,8
1000	—	—	14,6

Данные предрасчетов подтверждены результатами определения фактических искажений мощности и размеров шаблонов, которые получены при телесъемках на угольных карьерах Урала и Средней Азии (табл. 9).

Из табл. 9 видно, что искажения незначительны и не превышают 1/4 наименьшего значения измеряемых величин, если отстояние не более (1000–1500) f . Приведенные данные указывают, что для обеспечения надежного дешифрирования и достаточной точности измерения масштаб съемки должен быть не менее 1/1000–1/1500 при увеличении снимков до 10 крат.

Фактические данные об основных искажениях, вызванных непараллельностью обнажения и снимка, "рельефом", закономерности изменения этих искажений в зависимости от особенностей съемки получены при специальных исследованиях [17, 19].

Из теории фотограмметрии известно, что перспективные искажения δ_α оцениваются смещением точки: $\delta_\alpha = r^2 \sin \alpha / f$ в зависимости от угла α между оптической осью и перпендикуляром к фотографируемой поверхности, а также от положения точки на снимке, определяемого расстоянием r до главной точки снимка. Приемы и средства, описанные в гл. I, III и IV, обеспечивают α равным примерно 3° . Это подтверждено также исследованиями [13]. Отсюда наибольшие расчетные значения δ_α для объективов: "Орион-15" — 0,6 мм, "Мир-1" — 0,45 мм, "Индустар-50" — 0,32 мм, "Юпитер-9" и "Юпитера-13" — соответственно 0,20 и 0,12 мм. Фактический угол наклона оптической оси при съемке на карьере и угол α можно определить по измерениям на снимке. Точка, отвечающая горизонтальной оптической оси, должна располагаться выше изображения нижней бровки на 1,5 м (округленная высота точки стояния). Расстояние между этой точкой и фактическим центром снимка, отнесенное к f , равно тангенсу наклона оптической оси.

При съемке с рук условие параллельности пленки и откоса осуществляется легко для отвесных и крутых откосов, сложнее — для наклонных. Поэтому перспективные искажения возрастают с уменьшением угла откоса (рис. 20, а).

Перспективные искажения в наибольшей мере проявляются при значительном отстоянии, ибо труднее обеспечивается параллельность пленки и обнажения. Такое положение имеет место при съемке на карьерах, что вызывает наибольшую погрешность определения положения точки или длины в натуре. В результате обработки многочисленных измерений на снимках размеров шаблонов и определения соответствующих ошибок получено, что перспективные искажения в среднем равны при съемке с рук 10–12%, со штанги 6,7%, с телеобъективом 4,7%.

Результаты исследований, проведенных в разные годы на карьерах объединений "Красноярскуголь", "Челябинскуголь" и "Вахрушевуголь", показали, что с возрастанием опыта съемок и навыка по устранению непараллельности снимка и обнажения соответствующие искажения уменьшаются (табл. 10).

Зависимость перспективных искажений от расстояния до центра снимка (оптической оси) проявляется в изменении величины искажений

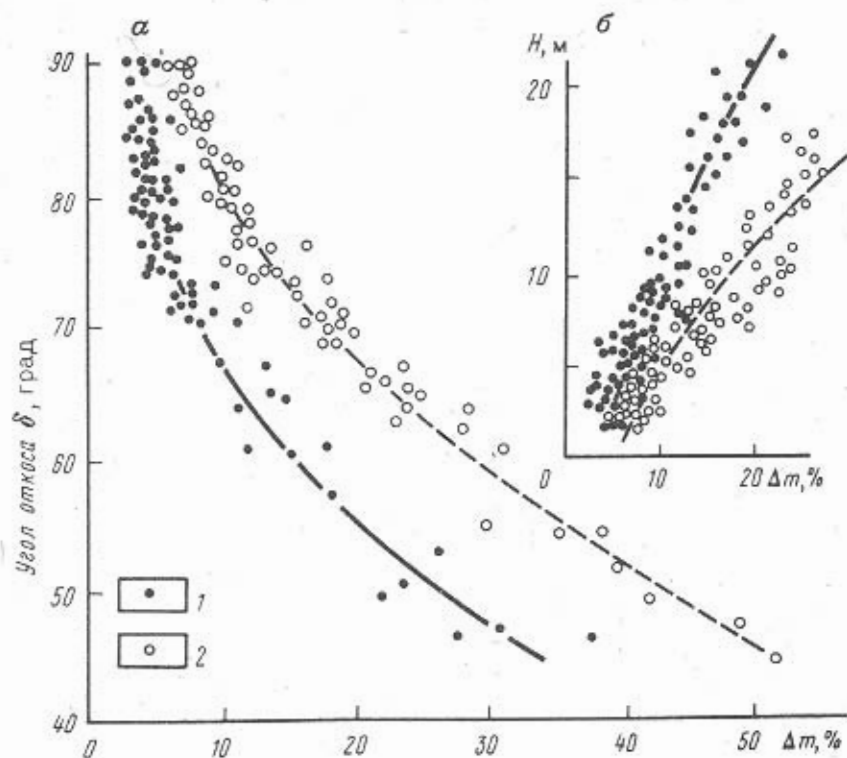


Рис. 20. Зависимость искажения видимой мощности пласта Δt от угла откоса δ (а) и относительной высоты H положения пласта (б). Коркинский и Ирша-Бородинский карьеры.

1 — съемка с помощью штанги-штатива; 2 — съемка с рук

по мере возрастания высоты положения объекта (H) в обнажении (откосе, стенке) относительно горизонта съемки (см. рис. 20, б).

Основные перспективные искажения возникают из-за непараллельности плоскостей обнажения и пленки. Поэтому искажения сторон шаб-

Таблица 10

Год проведения съемок	Перспективные искажения (в %) при углах откоса				
	65°	70°	75°	80°	85°
1969	19,0/17,5*	18,0/13,0	10,5/5,5	9,0/6,0	6,5/4,5
1970	20,0/15,0	10,0/8,5	11,5/7,0	11,0/4,5	6,5/4,0
1971	18,0/11,0	12,0/7,5	7,0/4,5	5,0/4,0	3,0/2,5

* В числителе — искажения при съемке с рук, в знаменателе — со штанги

лонов при съемке со штанги равны: горизонтальные 4–6 %, вертикальные 3–12 %, а при телесъемке соответственно менее 3 % и до 6 %. Большие объемы измерений проводятся и в вертикальной плоскости, особенно измерения мощности на карьерах при разработке пластообразных месторождений.

Искажений фотоизображения δ_n , вызванные неровностями обнажения (h), определяются по формуле: $\delta_n = r \cdot h/L$, если плоскость снимка и средняя поверхность обнажения параллельны. Для расчета возможных искажений были изучены фактические неровности стенок подземных выработок и откосов уступов карьеров. На одном из рудников измерялись неровности стенок камер и ортов через 20 см. Из почти 500 замеров получены следующие распределения:

неровности, см	0–10	11–20	21–30	31–40	41–50
частота, %	24	37	27	8	4

Подавляющее большинство (96 %) неровностей не превышают 0,4 м.

Если $h=20$ см, то при неблагоприятных условиях съемки, когда $L=1,5$ м, δ_n на краю короткой и длинной оси негатива составит соответственно 1,6 и 2,4 мм; при $L=2$ м соответственно 1,2 и 1,8 мм. При фотодокументации в масштабе 1:50 допустимое искажение (сдвиг точек) геологического контура не должно превышать 2 мм. Поэтому при $L=2$ м и $h=20$ см искажения из-за "рельефа" не превысят допустимых в пределах всего кадра на площади с радиусом $r = \frac{\delta_n \cdot L}{h} = \frac{2 \cdot 2000}{200} = 20$ мм.

Если амплитуда неровностей 40 см, то для достижения отмеченных результатов проектирование ведется на среднюю плоскость, тогда $h = \pm 20$ см.

Неровности стенок на карьерах определялись промерами через 30 см от шнура, натянутого по профилю откоса до его поверхности. В результате нескольких сотен измерений установлено, что средняя величина неровностей откосов уступов Коркинского угольного карьера не превышает 0,5 м. При съемке таких откосов с расстояния 20 и 30 м обычными объективами ошибка за "рельеф" составит соответственно 2,5 и 1,7 % от измеряемой мощности. При телесъемке с расстояний более 100 м данная ошибка не превысит 0,5 %.

Фактические искажения из-за "рельефа" оценивались по расхождению замеренных на снимке и в натуре контрольных значений видимой мощности пластов. При этом использовались снимки, перспективные искажения на которых устранены путем полуинструментальной проверки параллельности плоскостей откоса и пленки (например, при съемке со штанги, а также путем трансформации снимков при печати). Контролем служило неискаженное изображение шаблонов, размеры и форма которых известны. Средние значения искажений мощности (в %), полученные по материалам фотодокументации на карьерах разных объединений, следующие:

	с рук	со штанги
Красноярскуголь	4,0	2,5
Челябинскуголь	3,6	3,0
Вахрушевуголь	3,2	3,0

Величина искажений изменяется не только от размера неровностей, но и от положения точки относительно центра снимка. При съемке отко-

Таблица 11

Производственное объединение	Средняя ошибка определения видимой мощности (в %) при съемках:		
	с рук	со штанги	с телеобъективом
"Александрияуголь"	11,7	—	—
"Вахрушевуголь"	10,8	7,7	6,3
"Челябинскуголь"	11,9	7,9	5,3
"Красноярскуголь"	9,4	6,6	—
"Кемеровоуголь"	8,2	—	—
"Средазуголь"	7,8	—	6,2
"Востсибуголь"	7,3	—	—

сов это проявляется в увеличении искажений по мере увеличения высоты объектов (пластов) в откосе относительно горизонта съемки. Например, для Коркинского и Богословского карьеров получено, что при съемке с рук искажение мощности из-за "рельефа" при высоте уступов до 10 м составляет в среднем 2–3 %, при высоте 15 м – 7–8 %; при 20 м – 15–16 %; при 25 м – 25–26 %.

Если плоскости пленки и обнажения непараллельны, то искажения мощности из-за "рельефа" определяются по формуле: $\delta_h = \frac{r \cdot h}{L} (1 - \frac{r}{2f} \sin 2\alpha)$. Фактические изменения δ_h от r можно характеризовать как изменения мощности в зависимости от относительной высоты пласта в откосе. Закономерное изменение искажений видимой мощности для Ирша-Бородинского карьера подтверждает отмеченное положение:

высота пласта в откосе, м	2	4	6	8	9	10	12
искажения (%) при съемке:							
со штанги	3	2,3	1,7	0,6	0	1,0	1,8
с рук	4	4	4	3	2,1	0	6

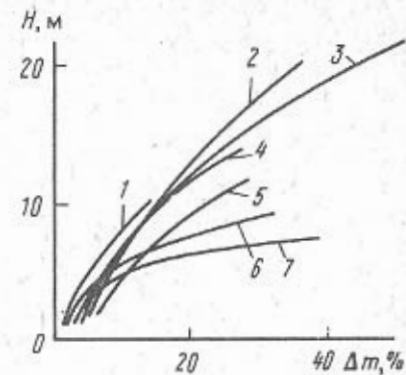
Погрешность изображения отрезка (мощности пласта) определяется по формуле: $\delta m_h = \frac{h}{L} (r_1 \pm r_2)$, где r_1 и r_2 – расстояние от центра снимка до концов отрезка (контактов пласта) соответственно на вогнутой или выпуклой части неровности. Знак плюс ставится, если отрезок или пласт расположены по одну сторону, знак минус – по обе стороны от центра снимка.

Изменение величины основных искажений, вызванных перспективными искажениями снимка и "рельефом" обнажения, в зависимости от положения объекта относительно центра кадра имеет важное практическое значение, так как позволяет использовать эту зависимость для исправления измеренных значений. Для практических целей более удобна зависимость общих искажений размеров геологических объектов от их положения относительно горизонтов съемки, а на карьере – относительно нижней бровки (см. рис. 20, б).

Искажения изображения пластов оценивались путем сопоставления результатов измерения на снимке с контрольными значениями тех же

Рис. 21. Зависимость искажения изображения мощности пластов Δm от высоты их положения H в откосе при различных углах откоса δ . Съемка производилась с рук на карьерах:

1 – "Востсибуголь", $\delta=80-83^\circ$; 2 – "Вахрушевуголь", $\delta=76-80^\circ$; 3 – "Челябинскуголь", $\delta=75-80^\circ$; 4 – "Кемеровоуголь", $\delta=78^\circ$; 5 – "Красноярскуголь", $\delta=76^\circ$; 6 – "Средазуголь", $\delta=70-73^\circ$; 7 – "Александрияуголь", $\delta=60-65^\circ$



мощностей, измеренных в натуре рулеткой. Для этих же целей использовались ошибки измерения размеров шаблонов. Результаты более чем 800 измерений показали, что средние значения общей относительной ошибки определения видимой мощности пластов зависят от способа съемки и горно-геологических условий, особенно от высоты и угла откоса (табл. 11 и рис. 21).

Совместное влияние высоты положения пласта в откосе и угла откоса на изменение погрешности определения мощности отражено семейством кривых на рис. 22. Эти кривые используются как номограммы для определения поправок к измеренным на снимках значениям мощности.

Рассмотренные предрасчеты возможных искажений производились с учетом того, что снимки как первичная геологическая документация будут использоваться для построения основных сводных геологических чертежей. Поэтому в основе требований к точности фотоизображения была точность построения геологических контуров на основных планах и разрезах масштаба 1:500–1:1000. Вместе с тем геологическая информа-

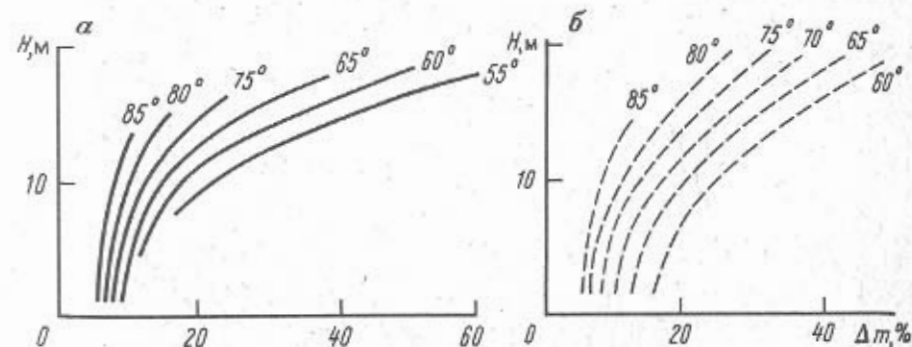


Рис. 22. Зависимость искажения изображения мощности пластов Δm от высоты их положения H в откосе при различных углах откоса δ .

а – съемка с помощью штанги-штатива; б – съемка с рук

ция, получаемая по фотоснимку, используется также для решения и других практических вопросов. Например, данные о мощности используются при учете добычи и потерь, при определении средневзвешенного содержания полезного компонента и т. д. В этом случае требования к точности определения мощности другие. На примере открытой разработки угля оценим необходимую точность определения мощности для решения задач опробования и охраны недр.

При открытой разработке угля ведется периодическое определение вынимаемой мощности пласта и его угольных пачек и породных прослоев. Но в геолого-маркшейдерских инструкциях нет прямых регламентирующих указаний относительно точности определения мощности.

Учет добычи, потерь и движения запасов ведется относительно балансовых запасов, установленных при разведке месторождений. При современных способах определения мощности по геологоразведочным скважинам с использованием каротажа и грунтоносов точность определений не превышает 5–10 см, а поэтому для учета потерь и движения запасов нет необходимости в более точном определении вынимаемой мощности.

В то же время при учете потерь и движения запасов используется объем добытого угля, одним из параметров которого является мощность пласта. Объем определяется с точностью, нормируемой инструкциями. В частности, в "Технической инструкции по производству маркшейдерских работ" указывается, что погрешность измерения высоты уступа в точке равна ± 10 см. Эту норму точности можно перенести на точность определения мощности пластов, обрабатываемых одним или несколькими уступами. Погрешность определения мощности как разности высот двух точек составит в этом случае $10\sqrt{2}$, или ± 14 см.

При определении добычи из пластов, по мощности близких к минимальной кондиционной (1 или 2 м), точность определения средней мощности согласно "Межотраслевой инструкции по определению и контролю добычи и вскрыши на карьерах" (1977 г.) должна составлять 1 %, или соответственно 1 и 2 см. Для определения точности единичного замера мощности воспользуемся данными о густоте сети замеров, которой придерживаются геологи угольных карьеров при составлении первичной геологической документации. Если пласт простирается вдоль заходки, то измерения мощности проводятся по откосу через 20–50 м. При средней длине заходки, обрабатываемой за месяц, 300 м количество замеров составит около 10. Следовательно, для подсчета средней мощности с требуемой точностью необходимо, чтобы погрешность одного измерения для пласта 1 м была равна $1\sqrt{10} = \pm 3,2$ см; для пласта 2 м — $2\sqrt{10} = \pm 6,5$ см. Если пласт расположен поперек заходки, то его мощность измеряют по верхней и нижней бровкам. При подсчете средней мощности используются четыре замера (два в день замера и два в предыдущие дни). Требуемая точность 1 % будет обеспечена, если погрешность одного измерения составит: для пласта мощностью 1 м — $1\sqrt{4} = \pm 2$ см; 2 м — $2\sqrt{4} = \pm 4$ см.

Таким образом, погрешность измерения мощности в сечении на угольных карьерах при обработке мощных пластов одним или несколькими

уступами не должна превышать ± 14 см; при обработке пластов по мощности, близкой к минимальной, в том числе и селективно вынимаемых пластов, — 2–5 см. Такая погрешность замера мощностей обеспечит требуемую точность определения объема добычи.

При определении среднепластовой зольности пластов сложного строения измеряется мощность угольных пачек и породных прослоев. Точность измерения мощности должна обеспечивать допустимую погрешность определения пластовой зольности.

Для выявления допустимой ошибки определения мощности отдельного слоя в формуле определения средневзвешенной пластовой зольности

$$A^c = \frac{\sum m_y A_y^c + \sum m_n A_n^c}{\sum m_y + \sum m_n}$$

приняты следующие условия: зольность угольных пачек A_y^c одинакова и равна 0,1 (10 %); зольности породных прослоев A_n^c одинакова и равна 0,8 (80 %), мощность угольных пачек m_y и породных прослоев m_n одинаковы. Погрешность измерения мощности одинаковая $\sigma m_n = \sigma m_y$. Тогда формула примет вид

$$A^c = \frac{0,1m_y + 0,8m_n}{m_y + m_n}, \text{ откуда } \frac{m_y}{m_n} = \frac{0,8 - A^c}{A^c - 0,1}$$

После дифференцирования и упрощения получим

$$\frac{\sigma A^c}{A^c} = \frac{7}{8 + \frac{m_y}{m_n}} \cdot \frac{\sigma m}{m}, \text{ где } \Delta m = \frac{\Delta A^c (8 + \frac{m_y}{m_n})}{7}$$

где $\frac{\sigma m}{m} = \Delta m$, $\frac{\sigma A^c}{A^c} = \Delta A^c$ — относительные ошибки определения мощности и зольности. Для подсчета по этой формуле допустимой ошибки определения мощности отдельного слоя Δm необходимо знать допустимую ошибку определения зольности ΔA^c и соотношение $\frac{m_y}{m_n}$.

"Временные технические требования угольной промышленности к геологоразведочным работам" (1970 г.) для сложных пластов энергетических углей регламентируют ΔA^c по расхождению значений A^c по скважинам и горным выработкам, не превышающему 5 %. По ГОСТ 9815–75 зольность двух рядом расположенных пластовых проб должна отличаться не более чем на 10 %. Соотношение $\frac{m_y}{m_n}$, полученное А.С. Шустерманом по фактическим данным разведки и эксплуатации, колеблется от 22 (Кузбасс, Канско-Ачинский бассейн) до 2–1,5 (Экибастузское, Богословское месторождения и др.). Среднепластовая зольность A^c , также зависящая от $\frac{m_y}{m_n}$, для тех же месторождений колеблется соответственно от 10–15 до 37–40 %. Отсюда погрешность Δm , на которую влияют сложность строения и зольность пласта, составила соответственно при

$\Delta A^c = 5\%$ и $6,5\%$. Точность определения мощности от 22 до $6,5\%$, необходимая для решения задач охраны недр и оценки качества угля, обеспечивается при использовании материалов геологической фотодокументации. На это указывают ранее приведенные результаты анализа точности фотоизображения геологических объектов.

Материалы фотодокументации используются также для построения контура обнажений, разбивки интервалов ("пикетажа") и привязки участков документации. Поэтому необходимо определить погрешность длины протяженных участков с тем, чтобы всесторонне характеризовать точность геологической фотодокументации.

Погрешность определения расстояний по фотопанораме, полученной при монтаже нескольких снимков, зависит от ошибок определения длин в пределах одного снимка, ошибок монтажа и количества смонтированных снимков, а также от постоянства (масштаба) съемки. Величина относительной ошибки определения длин для условий подземной съемки при 5–20 смонтированных в фотосхему снимков, по данным Е.В. Пономарева, достигает 1–2%. Для повышения точности определения больших расстояний необходимо: а) вести съемку с одинаковых максимальных отстояний при погрешности последних 3–5 см; б) для контроля через 10 м иметь опорные точки, расстояние между которыми известно; в) стремиться к максимальному (до 50%) перекрытию соседних кадров.

Погрешность определения больших расстояний по материалам фотодокументации на карьерах можно характеризовать данными сопоставления измерений на фотомонтаже с контрольными натурными измерениями. Установлено, что для интервалов 10–100 м при масштабе снимков 1:100–1:500 расхождение с контрольными значениями составило в среднем 3,5–4,0%. Расчетная погрешность, полученная по формуле Н.Я. Бобира [1], составила 1–2%.

Точность монтажа снимков откосов установлена в результате измерения фактического расстояния между идентичными точками, расположенными по разные стороны от линии обреза. Ошибка монтажа, наименьшая в центре снимка и наибольшая по краям, в среднем составляет при съемке с рук 2–6 мм, со штанги 2,0–2,5 мм и с телеобъективом 0,3–0,5 мм.

Точность определения положения верхней и нижней бровок уступа по снимкам характеризуется отклонением от значений, полученных при тахеометрической съемке. На Ирша-Бородинском и Коркинском карьерах эти отклонения составили в среднем 5%.

Сопоставление результатов опытной фотодокументации с контрольными значениями, а также приведенные предрасчеты указывают на то, что точность фотометода достаточна для составления в полном объеме как первичной, так и сводной геологической документации, и не выходит за пределы допустимых погрешностей определения потерь, запасов и средневзвешенных значений качества.

Дальнейшее повышение точности фотодокументации связано с увеличением затрат труда и времени, что негативно отразится на технико-экономической эффективности этого метода.

Глава VIII. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАТЕРИАЛОВ ФОТОДОКУМЕНТАЦИИ

Фотографический метод документации используется при решении геологических, а также сопредельных задач маркшейдерского и горного дела.

1. КООРДИНИРОВАНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

При существующем методе геологической документации координирование основных элементов геологического строения осуществляется с помощью рулетки и горного компаса относительно маркшейдерских точек или других закоординированных пунктов (скважин, стрелок откаточных путей, углов горных выработок и др.). Для привязки основных структурных элементов (в основном на карьерах), а также при возникновении трудностей в полуинструментальных способах привязки целесообразно применять тахеометрическую съемку. Фотографический метод геологической документации на открытых горных выработках позволяет вести построение структурных элементов на погоризонтных геологических планах или планах горных работ без привлечения тахеометрической съемки. Построение структурных элементов с использованием материалов фотодокументации сводится в основном к координированию (привязке) отдельных точек изучаемых структур.

Привязка участка фотодокументации (условно назовем фотодокументацию участка одного из уступов карьера крупномасштабной панорамой; масштаб отпечатков 1:200–1:100; см. рис. 14, а и 30) может быть осуществлена с достаточной точностью по следующему способу. Производится дополнительная съемка двумя или более кадрами, как правило, с более удаленной точки для получения мелкомасштабной панорамы (масштаб отпечатков 1:500–1:1000) с изображением документируемого и прилежащих к нему участков (см. рис. 14, б). Полученная мелкомасштабная панорама в процессе привязки является связующим звеном между крупномасштабной панорамой и планом горных работ. На мелкомасштабной панораме опознаются точки, идентичные точкам крупномасштабной панорамы, подлежащие координированию, например след сместителя (см. рис. 14, б и 30 – гор. 27 м, пикет 4) или точка расщепления угольного пласта (см. рис. 14, б и 14, в – гор. 84 м). Необходимыми условиями для нанесения точек с мелкомасштабной панорамы на план горных работ являются: 1) наличие на мелкомасштабной панораме точки с известными координатами, например маркшейдерская точка *M* на гор. –6 м (см. рис. 14, б); 2) наличие на плане горных работ заранее выбранной на нерабочем борту или на внутренних отвалах карьера закоординированной точки, с которой должна производиться съемка мелкомасштабной панорамы.

Процесс привязки можно пояснить на рис. 23. В результате фотодокументации получена крупномасштабная панорама (аналогичная рис. 14, а и 30) участка откоса на уступе 8 (на рисунке заштрихован). Требуется точку *K* на панораме нанести на план горных работ. Дополнительная

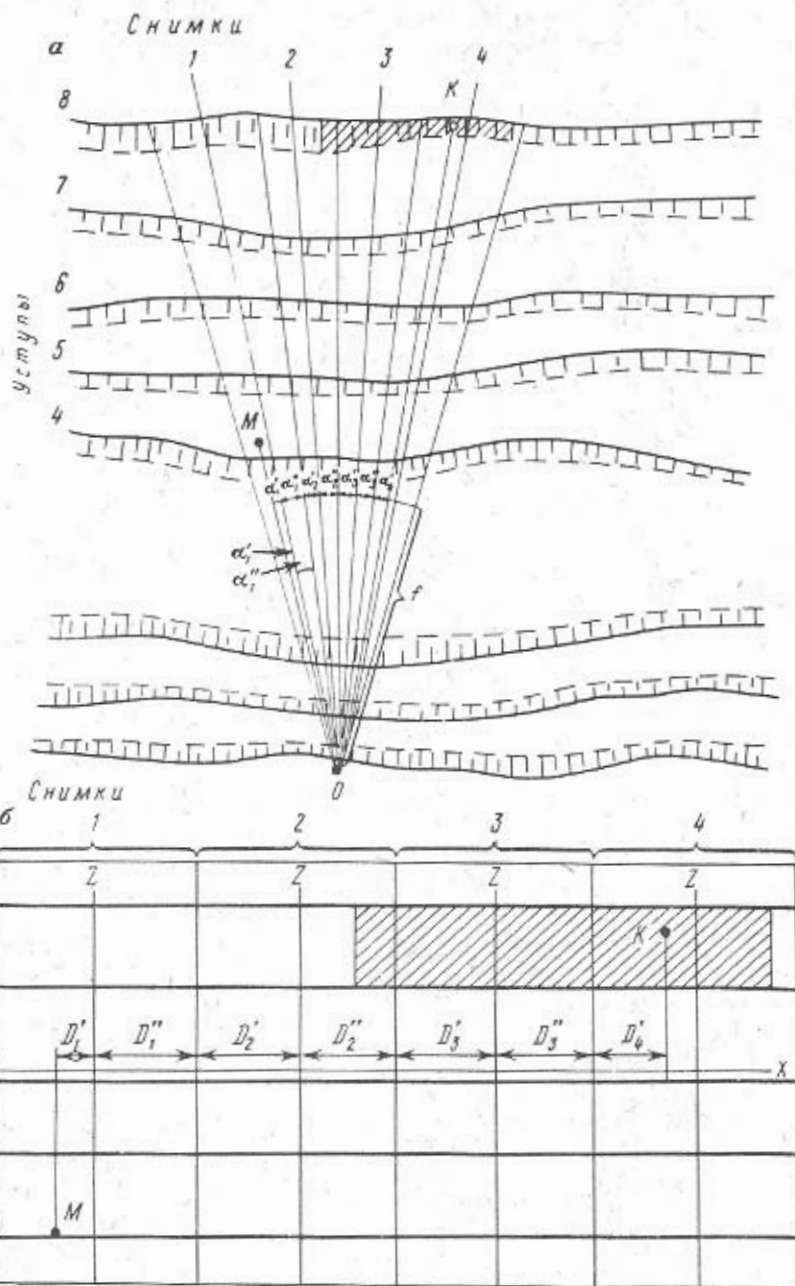


Рис. 23. Схема привязки участка фотодокументации фотометодом.
 а — схема графических построений на плане горных работ; б — схема мелкомасштабной фотопанорамы уступов

мелкомасштабная панорама (аналогичная рис. 14, б), схема которой приведена на рис. 23, б, получена при съемке с нерабочего борта карьера с точки O . На этой панораме изображен участок документации, на котором опознана искомая точка K , идентичная с точкой крупномасштабной панорамы. Кроме того, на мелкомасштабной панораме изображена точка M , находящаяся на уступе 4 (в момент съемки на точке выставляется веха, см. рис. 14, б, гор. — 6 м). Точка M имеет известные координаты и нанесена на план. Задача сводится к определению положения точки K на плане горных работ.

Для решения задачи на плане горных работ из точки O (см. рис. 23, а) к точке M проводится луч. Направление луча из точки O к точке K определяется графически, путем построения угла $МОК$ в следующей последовательности. На снимках мелкомасштабной панорамы проводятся координатные оси (см. рис. 14, б); если нет координатных меток на кадровом окне аппарата, то оси проводятся через середины сторон кадра (см. рис. 23, б). Параллельно оси абсцисс снимка проводятся отрезки $D'_1, D''_1, D'_2, D''_2, \dots, D'_4, D''_4$. В сумме эти отрезки определяют на панораме кратчайшее расстояние между вертикалью, проходящей через точку M с известными координатами, и вертикалью, проходящей через искомую точку K . Каждый из перечисленных отрезков ограничен с одной стороны осью ординат снимка, с другой — краем смонтированного в панораму снимка, либо вертикалью, проходящей через точки K и M . Сумма отрезков $D'_1, D''_1, D'_2, D''_2, \dots, D'_4, D''_4$ на мелкомасштабной панораме может быть определена и на отдельных несмонтированных в панораму снимках. При этом отрезки измеряются от оси ординат до хорошо распознаваемых общих точек соседних снимков (например, столбов). Последние измерения исключают ошибку фотомонтажа.

Отрезки $D'_1, D''_1, D'_2, D''_2, \dots, D'_4, D''_4$, уменьшенные во столько раз, во сколько производилось увеличение при проекционной печати, откладываются на плане в виде отрезков $d'_1, d''_1, d'_2, d''_2, \dots, d'_4, d''_4$ по нормали к соответствующим лучам $O-1, O-2, \dots$ на расстоянии от точки O , равном фокусному расстоянию объектива (см. рис. 23, а). Лучи $O-1, O-2, \dots$ соответствуют горизонтальным проекциям положения оптической оси при съемках первого, второго и следующих по порядку снимков. Луч, проведенный из точки O через конец отрезка d'_4 , образует с лучом OM угол $МОК$, который и определяет направление на искомую точку K .

Кроме указанного графического способа, угол $МОК$ может быть определен аналитически как сумма углов $\alpha'_1, \alpha''_1, \alpha'_2, \alpha''_2, \dots, \alpha'_4, \alpha''_4$, образуемых одним из лучей $O-1, O-2, \dots$ и направлением на границу двух соседних снимков панорамы либо на известную или искомую точки. Углы $\alpha'_1, \alpha''_1, \alpha'_2, \alpha''_2$ и др. вычисляются по формуле

$$\operatorname{tg} \alpha'_1 = d'_1 / f = D'_1 / f k,$$

где D'_1 — отрезок, измеряемый на мелкомасштабной фотопанораме; f — фокусное расстояние объектива; k — увеличение при позитивной печати.

Аналитический способ определения направления на искомую точку точнее графического, так как он исключает неточности построений.

Построив угол $МОК$ и продлив луч $ОК$ до пересечения с проекцией соответствующего откоса (см. рис. 23, a — уступ δ), получим положение искомой точки X на плане, учитывая ее превышение над нижней бровкой уступа. Приведенные расчеты показали, что погрешность такой привязки составляет ± 1 мм, что отвечает практической точности построения структурных элементов на погоризонтных геологических планах. Превышение точки над площадкой уступа вычисляется по снимкам с погрешностью $\pm 0,6$ м.

Аналогичный способ привязки геологической фотодокументации, основанный на мелкомасштабной съемке камерой "Зенит" с телеобъективом МТО-500 или 1000, предлагает А.К. Шумков (1955 г.). В отличие от описанного выше способа измерение угла между направлениями из точки съемки на точку с известными координатами и на искомую точку производится по горизонтальному лимбу, установленному совместно с аппаратом на трегере. Для ориентирования оптической оси на фотоаппарате имеется визирное устройство.

2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОЩНОСТИ

Мощности пластов или отдельных прослоев и пачек измеряются между контактами, отдешифрированными непосредственно по снимку или уточненными по результатам опробования. Измерения производятся одним из ранее рассмотренных способов. На снимке в общем случае измеряется видимая мощность. Для определения истинной мощности можно использовать известные из горной геометрии и геологического картирования формулы. При измерении мощностей на снимках наклонных обнажений, например откосов, встречаются следующие ситуации.

1. Обнажение параллельно простиранию наклонно залегающих пластов. Видимое залегание пластов — горизонтальное. В этом случае, часто встречающемся на угольных карьерах, истинная нормальная мощность вычисляется по формуле

$$m_n = m_n^B \sin(\gamma \pm \delta),$$

где m_n^B — видимая нормальная мощность, замеряемая по снимку; γ — угол наклона обнажения (откоса) или направления замера; δ — угол падения пласта, замеряемый в доступных местах.

Знак "плюс" в формуле ставится, если пласты наклонены в сторону массива, "минус" — в сторону наблюдателя (выработанного пространства).

2. Обнажения ориентированы произвольно. Истинная нормальная мощность вычисляется по формуле П.М. Леонтовского

$$m_n = m^B (\sin \delta \cdot \cos \gamma \cdot \cos \theta \pm \cos \delta \cdot \sin \gamma),$$

где m^B — видимая мощность; θ — разность азимутов направления замера и линии падения пласта.

Азимут линии падения пласта можно определить по геологической карте или гипсометрическому плану пласта, а также непосредственными замераами в доступных местах обнажения.

Для упрощения определения θ и γ целесообразно на снимке измерять вертикальную m_n^B или горизонтальную m_r^B мощность. При измерении m_r^B угол $\gamma = 0$, тогда $m_n = m_r^B \cdot \sin \delta \cdot \cos \theta$, где угол θ равен разности азимутов простирания обнажения (откоса) и линии падения пласта. При измерении m_n^B угол γ равен углу наклона обнажения, а угол θ — разности азимутов направления наклона обнажения и пласта. При измерении m_n^B трудно определять угол наклона направления замера. Поэтому лучше вычислять $m_n^B = m_r^B / \cos \delta'$, где δ' — видимый на снимке угол падения пласта. Тогда угол γ будет определяться по направлению наклона обнажения (углу откоса).

Знак "минус" в формуле П.М. Леонтовского ставится, если направления наклона пласта и обнажения (откоса) согласные; знак "плюс" — при несогласном залегании пласта.

Для упрощения расчетов по приведенным формулам следует использовать таблицы и номограммы из учебных и справочных руководств по структурной геологии, подсчету запасов и геологическому картированию [12].

3. Обнажение перпендикулярно простиранию пласта. При угле наклона обнажения (откоса) более 75° видимую нормальную мощность, измеренную на снимке, можно считать истинной нормальной мощностью.

При более пологих обнажениях для наклонных и крутопадающих пластов лучше измерять горизонтальную мощность m_r , которая является истинной. Нормальная истинная мощность: $m_n = m_r \cdot \sin \delta$. Для пологих пластов при измерении m_n^B $m_n = m_n^B \cdot \cos \delta \cdot \sin \gamma$, а при измерении m_n^B вычисляется $m_n^B = m_n / \cos \delta$ и подставляется в предыдущее выражение. В случае телесъемки с горизонтальной оптической осью определяют m_n^B путем умножения на $1/\sin \gamma$ мощности, измеренной на снимке. Для вычисления m_n используют предыдущие формулы.

Поскольку фотоизображение подземных снимков в большей степени искажено влиянием "рельефа" обнажения, то для определения мощности по измеренной $m_{из}$ предлагается использовать формулу: $m = m_{из} (1 \pm \frac{h}{L})$. Знак "плюс" берется при расположении пласта на вогнутой, "минус" — на выпуклой части обнажения относительно средней плоскости. Если часть пласта расположена на выпуклом, а другая его часть на вогнутом участке, то исправленное значение мощности равно разности или сумме исправленных значений кратчайших расстояний r от центра снимка до контактов пласта, расположенных по одну или по обе стороны от центра снимка. Исправленное значение r определяется по предыдущей формуле (m заменяется на r). Принимая величину неровности на выпуклом и вогнутом участках одинаковой, можно использовать водоизмененные формулы:

а) пласт расположен по одну сторону от центра снимка

$$m = m_{из} \pm \frac{h}{L} (r_1 + r_2);$$

б) пласт расположен по обе стороны от центра снимка

$$m = m_{из} + \frac{h}{L} (r_1 - r_2),$$

где r_1 и r_2 — расстояния от центра снимка до контакта на вогнутом и на выпуклом участках. Знак "минус" перед скобкой берется в случае, если контакт на выпуклом участке находится дальше от центра снимка, чем контакт на вогнутом участке; знак "плюс" — при обратном расположении таких участков относительно центра снимка.

Для уменьшения искажений фотоснимков, полученных на карьерах, предлагается использовать установленную закономерную связь величины общих искажений от высоты положения в откосе пластов и от угла откоса (см. гл. VII, рис. 22). Поправка, полученная с графиков рис. 22, вводится в измеренное на снимке значение мощности со знаком "плюс", если пласты расположены выше центра, со знаком "минус" — ниже центра снимка.

3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ЗАЛЕГАНИЯ

В основе определения элементов залегания пластов и геологических структур по их изображению на снимках лежит метод горно-геометрических построений по координатам трех точек, принадлежащих определяемой плоскости. Для этого необходимы снимки как минимум двух обнажений, пересекаемых структурой. В подземных выработках — это снимки стенки и кровли или забоя, снимки полной развертки; на карьерах — снимки откосов двух уступов или откоса и забоя одного уступа. На таких снимках намечаются три точки и с учетом масштаба определяются условные высотные отметки относительно почвы выработки или нижней бровки уступа. Используя данные привязки, в крупном масштабе (1:50–1:100) или на плане горных работ строится проекция этих точек с числовыми, условными высотными отметками. Затем строятся изогипсы плоскости, по которым определяются азимутальный угол и угол падения. Достаточная точность графических построений обеспечивается при расстоянии между точками на чертеже не менее 1,0–1,5 см.

Если пласт в откосе горизонтален, то азимут простираения можно определить по плану горных работ как простираение участка откоса. Угол падения определяется графически по превышению изображений пласта на откосах двух уступов разных горизонтов и по горизонтальному расстоянию между ними. То же самое относится к изображению пласта в откосах одного горизонта разных заходов. Расстояние между откосами измеряется на плане, превышение — на снимках.

Если пласт пересекает уступы под углом, то по его изображению в двух откосах строится след пласта в горизонтальной плоскости, азимут которого равен азимуту простираения пласта. Угол падения определяется из выражения: $\text{tg} \delta = \text{tg} \delta' / \cos \beta$, где δ' — угол падения, измеренный по снимку; β — угол между бровкой и перпендикуляром к следу пласта в горизонтальной плоскости.

Определение угла δ упрощается при использовании номограммы. Если пласт перпендикулярен простираению уступа ($\beta = 0^\circ$), то по снимку измеряется истинный угол падения ($\delta = \delta'$).

Элементы залегания пластов (структур), расположенных на недоступных обнажениях, например на высоких уступах, можно определить по результатам стереосъемки, выполняемой любительскими камерами (см. гл. I и IV). Для этих целей используются снимки формата 12x18 см. Координаты трех идентичных точек можно определять на стереокомпараторе по измеренным на левом снимке координатам y и x и параллаксу $p = y - y_n$ (y_n — координата на правом снимке). Методы измерения и расчета изложены в руководствах и учебниках по фотограмметрии [14]. При некотором навыке координаты y , z и y_n на снимках можно измерить с помощью циркуля и топографического координатометра. По вычисленным фотограмметрическим координатам (в системе ось X_ϕ направлена по оптической оси левого снимка, Y_ϕ — по базису, Z_ϕ — по перпендикуляру к плоскости $X_\phi Y_\phi$) в масштабе 1:50–1:200 строится план трех точек с числовыми отметками. Далее строятся изогипсы определяемой плоскости. По азимуту базиса определяется азимут линии падения (простираения).

Элементы залегания можно определить путем прямой фотозасечки, применяя графический и графономографический способы. В последнем углы засечек определяются по номограммам на основе координат точек, измеренных по снимкам.

Более простым является графический способ. На рис. 24 показан пример определения элементов залегания напластования графическим путем по результатам фотозасечки, проведенной широкоугольным объективом. На снимках обнажения получено взаимное перекрытие концов базиса: правой точки П — фотостатива, левой Л — веши. На увеличенных в пять раз снимках (12x18 см) были опознаны и наколоты идентичные точки (1, 2, 3 — на левом, 1', 2', 3' — на правом). По перпендикуляру к горизонтальной оси y на край снимка переносятся горизонтальные проекции точек определяемой структуры и базиса. В масштабе 1:100 (1:200) по направлению азимута базиса откладывается его горизонтальная проекция ЛП. Около точек базиса проводятся окружности диаметром, равным 5f. Проекции точек базиса на краю снимка совмещаются с вычерченной на плане проекцией базиса. При этом нижний край снимка необходимо располагать по касательной к окружности. Точки касания o'_n и d'_n должны совпадать с вертикальной осью снимков, что является промежуточным контролем построения. Затем через проекции точек структуры, перенесенных на чертеж, проводятся прямые, являющиеся проекциями направлений засечек. Точки пересечения одноименных направлений определяют плановое положение искомых точек (I, II, III).

Высотную отметку можно определить относительно горизонта съемки (оси y снимка). Например, измеренная на снимке координата z_3 для точки 3 (см. рис. 24), откладывается по перпендикуляру к направлению П—II. Через конец этого перпендикуляра из точки П проводится прямая. Величина перпендикуляра к точке III в масштабе построения равна услов-

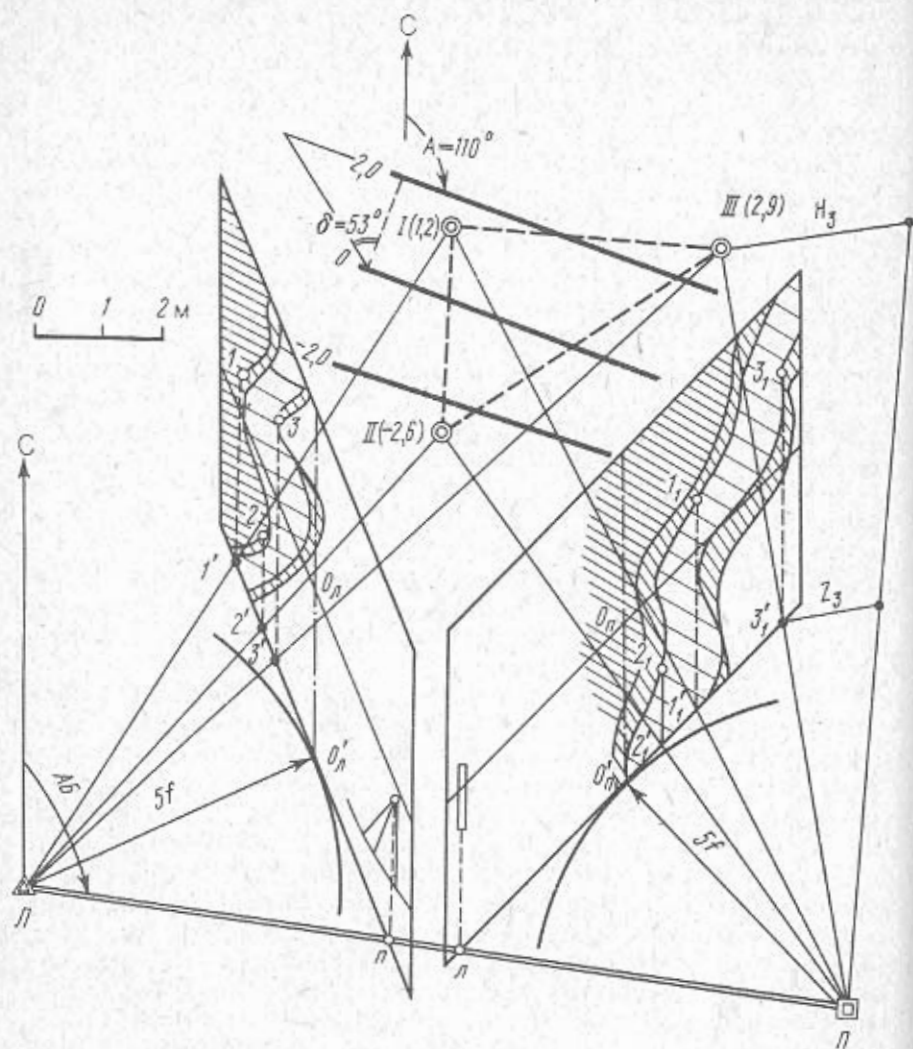


Рис. 24. Пример графических построений при обработке прямой фотозвсечки и определении элементов залегания

ной отметке точки III. Высотные отметки точек, определенных аналогичным путем по другому снимку, должны быть равными значениям, полученным по первому снимку. По проекции трех точек с числовыми отметками горно-геометрическими построениями строятся горизонты напластования, по которым определяют элементы залегания. В нашем примере (см. рис. 24) азимут простирания 110° , угол падения 53° .

4. ОПРОБОВАНИЕ

В процессе опробования выявляется качество полезного ископаемого, которое отражает его состав. Минеральный и вещественно-петрографический состав определяют оптическую характеристику горных пород.

Закономерная связь оптических показателей пород с их составом не раз отмечалась как в отечественной, так и в зарубежной литературе. Например, В.Л. Крумбейном и Ф.Д. Петтиджоном была установлена зависимость интенсивности темной окраски от содержания органического углерода в осадочных породах. На основе количественной оценки отражательной способности (фотометрический метод) В.И. Данчев показал возможность стратиграфического расчленения и корреляции осадочной толщи. Зависимость коэффициента яркости от состава слоев на угольных месторождениях иллюстрирует рис. 6.

Для оценки оптических характеристик горных пород (коэффициентов яркости) можно воспользоваться их фотографическим изображением. Известно, что при фотографировании на черно-белых фотоматериалах с коэффициентом контрастности, близким к 1,0, на снимке должны получаться практически те же интервалы коэффициентов яркости объекта, что и в натуре. Однако на искажение этих показателей могут влиять такие факторы, как источник освещения, ориентировка отдельных участков поверхности объекта, наличие трещин на поверхности, запыленность и обводненность этой поверхности, качество фотоматериалов и условия химической обработки. Влияние указанных факторов можно свести к минимуму, если использовать постоянный источник света при фотосъемке, выбирать объекты съемки с относительно ровной поверхностью и незначительной трещиноватостью. На поверхности не должно быть пленок воды. Используемые фотоматериалы и условия химической обработки должны быть одинаковыми.

Выразительность фотоизображения на различных месторождениях неодинакова. Четкое воспроизведение на снимке минеральных ассоциаций зависит от их контрастности, т. е. от существенной разности яркостей смежных разновидностей (см. гл. II).

Высокий яркостный контраст пород золотокварцевых месторождений жильного типа позволил успешно использовать фотоснимки при подсчете коэффициента рудоносности. Контрастность таких месторождений объясняется тем, что коэффициент яркости вмещающих пород (алевролиты, песчаники, филлитовые сланцы) значительно меньше коэффициента яркости кварцевых жил. Решение указанной задачи по оценке качества осуществлялось (В.Т. Мартынов, 1971 г.) на основе разделения площади снимка на участки с определенными интервалами оптической плотности, соответствующими кварцевым жилам и вмещающим породам.

Цветовой контраст некоторых полиметаллических месторождений может быть использован для оценки степени оруденения при цветной и спектральной съемках. Различия в спектральной яркости заключаются, по данным В.А. Антонова, в том, что на фоне стабильно светлых микрокварцитов и метаморфизованных алевролитов развита ярко окрашенная вкрапленная сульфидная минерализация.

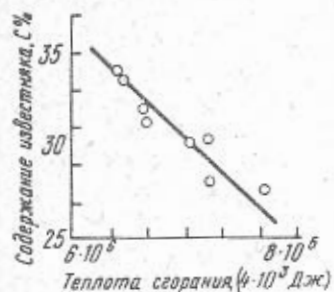


Рис. 25. Зависимость теплоты сгорания горючих сланцев от содержания в них известняка

Во ВНИМИ производилась оценка качественных показателей промышленного пласта горючих сланцев на Ленинградском месторождении по материалам фотодокументации. В результате фотометрирования отдельных точек снимков были получены интервалы оптической плотности, характерные для основных компонентов промышленного пласта. Затем производилось фотометрирование по всей площади. Оно осуществлялось с помощью регистрирующего микрофотометра АМА-1 "Контраст". Площадь снимка промышленного пласта (исследование производилось по негативам, полученным с помощью малоформатной камеры) при последовательной настройке прибора на определенные интервалы оптической плотности разделялась на две части, которым соответствовали процентные содержания основных разновидностей пород, слагающих промышленный пласт, а именно известняка и "чистого сланца". Постоянство качества этих компонентов дало возможность построить график взаимосвязи теплоты сгорания горной массы и процентного содержания одного из компонентов известняка (рис. 25). Установленная связь позволяет сделать вывод о наличии фотометрических предпосылок при оценке качества горючих сланцев в горных выработках.

Фотоснимок можно использовать также для оценки среднепластовой зольности угольного пласта сложного строения (особенно это касается месторождений, разрабатываемых открытым способом). Наиболее достоверна такая оценка при стабильности среднего значения зольности каждой угольной пачки и каждого породного прослоя. Путем статистической обработки результатов дифференцированного опробования установлено, например, что среднее квадратическое отклонение зольности угольных пачек составило 2,2–3,8 % для Богословского и 1,8–2,0 % для Черемховского месторождений при коэффициенте вариации соответственно 10–15 и 15–20 %. Зольность породных прослоев более стабильна (коэффициент вариации в среднем 5 %). В таких случаях зольность пласта зависит в первую очередь от количественного соотношения угля и породы, что определяется соотношением соответствующих мощностей.

Мощность породных прослоев и угольных пачек определяется с высокой точностью по крупномасштабному (1:20–1:100) фотоснимку. Используя вычисленную заранее среднюю для участка зольность угольных пачек и породных прослоев и измеренную их мощность по конкретному снимку, пластовая зольность рассчитывается как средневзвешенная

(см. ГОСТ 9815–75). Опытное определение зольности пласта на трех участках Богословского карьера по материалам фотодокументации показало, что отклонение от контрольных проб составило 1,8; 1,9 и 1,0 % относительного значения при средней зольности пласта соответственно 30,9; 50,5 и 30,5 %.

Для оценки среднепластовой зольности по фотоснимку добычного уступа на угольном карьере можно еще использовать зависимость фототона (яркости) изображения пород и углей от соотношения в них углеродного вещества и минеральных компонентов (см. рис. 6). Чтобы уменьшить влияние на яркость фотоизображения качества фотоматериалов, условий съемки, лабораторной обработки и других факторов, измерение яркости слоев на снимке ведется не стандартным способом (относительно эталона фотометра с постоянным коэффициентом яркости), а путем сравнения изображения и маркирующего слоя (например, угольной пачки) с постоянным составом и известной зольностью.

Измерение коэффициента яркости относительно маркирующего слоя (условно назовем это отношение относительной яркостью) производилось на фотометре экспонетрическим способом следующим образом. В одно из полей зрения вводилось фотоизображение маркирующего слоя, полученное при фотодокументации одного из добычных участков, и при неполной открытой диафрагме устанавливалась стрелка экспонометра в приборе на нуль. При замене изображения маркирующего слоя исследуемым слоем происходило отклонение стрелки экспонометра, которое компенсировалось изменением отверстия диафрагмы до приведения стрелки к нулю. Величина этого измененного отверстия диафрагмы, выраженная в процентах, обратно пропорциональна измеряемой яркости.

По результатам такого фотометрирования снимков добычных уступов на конкретном участке и проведенного на этих уступах опробования определялась корреляционная связь относительной яркости (относительно маркирующего слоя) изображения слоев и их зольности.

По мере обработки данного участка производится фотографирование уступов в местах предполагаемого отбора проб. Снимки фотометрируются по нескольким профилям при непрерывном перемещении этих снимков с интервалом, равным полю зрения. С каждого интервала снимаются показания относительной яркости, по которым определяют среднеарифметическое значение. Затем по заранее установленной корреляционной связи находят соответствующее ему значение средней зольности пласта. Опыты показывают, что относительная ошибка определения пластовой зольности при этом не превышает 10 %.

Измерение коэффициента яркости пород и угля относительно маркирующего слоя можно заменить измерением относительно какого-нибудь поля серой контрольной шкалы с определенной оптической плотностью, увязанной с качественными показателями.

Проведенные исследования свидетельствуют о возможной замене части пластовых проб данными оперативного определения зольности при использовании материалов фотодокументации.

В. СОСТАВЛЕНИЕ ЧИСТОВОЙ ПЕРВИЧНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

Отдешифрованные отдельные снимки и фотомонтажи, которые оформлены в соответствии с требованиями по составлению геологических (горных) графических материалов в чистовом виде, являются первичными геологическими документами. Они используются при составлении сводных чертежей и при решении различных задач разведки и эксплуатации [18].

Геологическое содержание отдешифрованных материалов фотодокументации изображается путем копирования со снимков основных элементов или построением самостоятельного чертежа в масштабе, одинаковом со снимком или отличающимся от него.

Наиболее часто используемым способом чистового оформления является создание так называемой "рубашки". На снимок накладывают кальку, прозрачность которой увеличивается промасливанием. Тушью копируют основные геологические элементы и контуры обнажения, породы обозначают условными знаками или цветом, здесь же делаются надписи о залегании, номерах проб и т. д. Чтобы уменьшить затемнение просвечивающего фотоизображения, условные знаки наносят по редкой сети, а цветная раскраска делается в светлом тоне.

Раскрашивание в светлом тоне можно вести непосредственно на фотоснимке — каждая порода раскрашивается в соответствии с принятым цветом сильно разбавленными анилиновыми красками. При использовании цветных карандашей глянцевая фотобумага покрывается спиртовым (скипидарным) раствором канифоли — лаком матолеин. Цветная раскраска снимков значительно повышает наглядность фотоизображения. Непосредственно на снимок тушью можно наносить по редкой сети условные значки пород, а геологические контуры и контакты — тонкой, нередко прерывистой линией, которая не полностью закрывает соответствующее фотоизображение.

На месторождениях с выдержанными пластами на снимке достаточно изображать только геолого-структурную колонку, вычерчивая ее тушью на краю снимка, чтобы не затенять основного изображения (см. рис. 32). Результаты дешифрирования иногда вычерчивают в условных знаках также на обратной стороне снимка при просматривании его на просвет.

Документацию в чистовом виде можно составлять по изображению, спроектированному с негатива на лист бумаги, укрепленный на экране увеличителя. Совмещение изображений соседних кадров производится по хорошо заметным идентичным точкам геологических структур или специально выставленным у обнажения рейкам. Наилучший эффект этот способ имеет, если съемка велась на обратимую и цветную пленку.

При построении чистовой первичной документации по фотопанорамам нескольких уступов необходимо учитывать разный масштаб фотоизображения каждого уступа, используя пропорциональный циркуль. В случае прерывистой документации из отпечатков вырезаются полосы, подобные геологическим колонкам, которые наклеиваются на лист плотной бумаги через принятые интервалы. Геологическое строение участков

между фотоснимками (колонками) вычерчивается в условных знаках. Этот способ целесообразно использовать при составлении чистовой первичной документации протяженных участков вскрышных и добычных уступов при простом геологическом строении. При этом горизонтальный масштаб может быть мельче вертикального.

Геологические явления, отраженные на снимке недостаточно четко (гидротермальные изменения, редкая рудная минерализация и т. д.), при чистовом оформлении документов отображаются в соответствии с поинтервальным полевым дешифрированием, а также с учетом отображенных проб (образцов) и результатов их анализа.

Зарабочное оформление (наименование выработок, дата работ, масштаб и т. д.), а также места отбора проб и образцов и другие поясняющие надписи выполняются как и при вычерчивании чистовых геологических зарисовок с применением используемых шрифтов и условных знаков.

Чистовая геологическая документация может быть пересоставлена с учетом новой интерпретации фотоснимков и коррективов, полученных в результате дополнительных лабораторных исследований. Это является преимуществом фотометода, поскольку нет необходимости повторного посещения выработки.

Б. РЕШЕНИЕ ОТДЕЛЬНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

Фотография используется также при решении вопросов охраны недр, инженерно-геологических вопросов, оценке блочности массива и взорванной массы, при маркшейдерских съемках, контроле буровзрывных работ, при учете объемов вытанутой горной массы.

Вопросы охраны недр. Определение фактических потерь полезного ископаемого при добыче часто связано с трудоемкими работами. Использование фотографии помогает облегчить эту операцию. Так, например, для определения потерь при зачистке кровли пласта, отработываемого открытым способом, производится фотосъемка откоса и забоя до и после зачистки. По снимкам определяется разница относительной высоты положения контакта с кровлей до зачистки и верхней бровки уступа после зачистки. Эта разница характеризует потери по мощности. При экскаваторной выемке наклонных и крупных пластов в верхней части забоя возникают потери и происходит засорение пустой породой. Объем потерь и засоряющей породы нельзя определить непосредственными замерами. Необходимые параметры можно измерить по крупномасштабному снимку забоя.

На ряде месторождений И.В. Жиляевым и другими получены положительные результаты использования цветной фотографии для оценки степени разубоживания. На них имеет место достаточно высокий цветовой контраст пустых и рудосодержащих пород: рудовмещающие скарны вольфрам-молибденового месторождения имеют зеленноватый оттенок, пустые породы — коричневый (роговики) и светло-серый (мрамор, гранитоиды) цвет; на Криворожском железорудном — руда с синим, вмещающие породы с буроватым оттенками. Спектральным фотометри-

рованием пород и сенситометрическими испытаниями пленок ЛК-5М, СН-4, ЦП-8Р, Орво-Колор (ГДР) установлено, что рудосодержащие скарны наиболее четко отделяются от вмещающих пород в синей части спектра. При съемке на цветной негативной пленке ЛК-5М и освещении кинолампами К-127-500 отпечатки дают более правильную цветопередачу.

При дешифрировании выделение кусков пустой породы в отбитой руде производилось по снимкам и негативу. Контролем служили куски, замаркированные перед съемкой. Точность выделения кусков пустой породы по снимку $\pm 5\%$. С помощью денситометра по изображению замаркированных кусков установлена разность плотности негативного изображения пород и руды. Половина этой разности принята как интервал, разделяющий куски на рудные и породные. Массовые измерения плотности изображения кусков позволяют определить площадь, занятую породой, и степень засорения руды. Точность такого метода $\pm 3\%$ при 20 мин работы по одному негативу.

При инженерно-геологических исследованиях крупномасштабная фотодокументация используется для наблюдения за устойчивостью массива, определения объемов деформаций (оползней, обрушения) и др. С помощью фотосъемки проводятся систематические наблюдения за состоянием бортов и отдельных уступов, особенно на участках возможных деформаций. Как показали опытные работы, наиболее пригодны для этой цели малоформатные камеры с телеобъективами. Методика телесъемок, разработанная авторами, описана в гл. IV. Съемка проводится через определенное время с одной и той же точки, координаты которой известны. Положение оптической оси аппарата постоянно и контролируется относительно других известных точек. Примычные углы измеряются теодолитом, устанавливаемым на том же трегере и штативе, на котором затем крепится фотокамера. Съемка ведется на пленку типа "Микрат", позволяющую обеспечить высокое качество снимков при большом увеличении.

Изучение возникновения и развития деформации производится путем сравнения снимков, сделанных через определенный промежуток времени, выявления на них новых трещин, заколов и повышенного осыпания с откосов. Измеряется величина раскрытия уже имеющихся трещин.

Оценка блочности (трещиноватости) массива. Крупномасштабный снимок позволяет получить информацию о морфологических особенностях, заполнении и размерах трещин, видимых в обнажениях, а также о форме и размерах блоков пород, ограниченных трещинами. Пространственное положение трещин определяется компасом или методом стереосъемки и фотозасечек (см. гл. I и VII). Ориентировка трещиноватости обычно оценивается по большому количеству данных, поэтому целесообразно фотограмметрическое определение элементов залегания автоматизировать на основе методов и технических средств наземной стереофотограмметрии [15].

Фотография трещиноватых пород используется для отображения фактического соотношения систем трещин между собой, для оценки проявленности и преобладания одной из систем и т. д. При инженерно-

геологических исследованиях по фотографии дополнительно можно оценивать физическое состояние трещиноватых пород, степень их выветрелости и общей деформированности. Такое использование фотографии ускоряет процесс изучения трещиноватости, делая его более полноценным и объективным.

Масштабированный снимок, полученный по описанной в гл. III и IV методике, позволяет количественно характеризовать густоту (интенсивность) трещин по расстоянию между их следами, видимыми в обнажении, или одновременно соседними ребрами блоков отдельностей. Эти расстояния измеряются по снимку любым из описанных в гл. VII способом. По простраственному положению каждой системы и плоскости обнажения видимое расстояние (густота) пересчитывается в нормальное. Среднее расстояние между трещинами каждой системы, количество систем и их ориентировка определяют размеры и форму блоков отдельностей, ограниченных трещинами. Некоторые исследователи для определения густоты трещин и размеров блоков отдельности на обнажении укрепляют масштабные ленты с раскрашенными делениями, которые заметны на отпечатках масштаба 1:50—1:100. По этим лентам подсчитывается число пересекаемых трещин. Делением длины пересеченного трещинами интервала на их число вычисляется среднее расстояние между трещинами.

При определении густоты трещин по снимкам большое значение имеют ошибки дешифрирования. Если хотя бы одна трещина неопознана, то расстояние между ближайшими трещинами увеличивается в два раза. Для оценки полноты опознания трещин и точности их дешифрирования на угольных карьерах проводились съемки участков, на которых густота трещин определялась непосредственно рулеткой. Непосредственные замеры взяты как контрольные. Недостаточно высокая дешифрируемость трещиноватости на снимках характеризуется, например, следующими отклонениями (в %)

Тулунский карьер		Томусинский карьер
Выветрелые угли	18	Алевролиты
Аргиллиты	27	24

Таблица 12

Месторождение	Системы трещин	Определения	
		натурные	фотографические
Азейское	I	29/168*	30/322
Черемховское	I	24,3/250	24,5/418
	I I	48,5/119	45/275

* В числителе — среднее расстояние между трещинами (в см); в знаменателе — число определений.

Пример высокой дешифрируемости трещиноватости приведен в табл. 12.

Наши исследования и данные других авторов указывают на достаточную точность фотометода при изучении основных показателей трещиноватости, а также на преимущество фотодокументации при изучении трещин на недоступных обнажениях и на протяженных участках.

По масштабированным снимкам оценивается также блочность (кусковатость) взорванного массива. Размеры кусков измеряются прозрачными палетками или измерительными сетками, наложенными на навал.

Глава IX. ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ФОТОДОКУМЕНТАЦИЯ ВЫРАБОТОК НА РАЗЛИЧНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ

Не имея возможности описать особенности методики геологической фотодокументации, многообразие геолого-фотометрических показателей и дешифрировочных признаков пород различных месторождений, рассмотрим только отдельные примеры.

1. ЖЕЛЕЗОРУДНЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Исследованиями МГРИ на контактово-метасоматических железорудных месторождениях Северного Урала установлена достаточно высокая фотогеничность магнетитовых руд, локализованных в гранат-пироксеновых скарнах. На снимках масштаба 1:20 хорошо опознаются темные рудные тела массивного сложения, дайки порфиритов с однородным и мелкозернистым рисунком и темно-серым тоном с характерной плитчатой отдельностью, а также контактирующие со светлыми известняками скарны, отличающиеся однородным и бугорчатым рисунком и серым тоном.

Значительное повышение качества первичной геологической документации на карьерах Докучаевского комбината, добывающего флюсо-металлургическое сырье, достигнуто в результате внедрения фотографического метода. Съемка велась в масштабе 1:1000 с рабочих площадок и нерабочего борта на пленку типа "Микрат". Телесъемка проводилась объективом "Юпитер-11" с расстояния до 400 м. Масштаб снимков 1:200 при сложном строении и 1:500 для простых участков. Для уменьшения перспективных искажений съемка велась с наклонной оптической осью, а снимки при печати подвергались трансформированию путем поворота экрана увеличителя (см. гл. V). При дешифрировании фотомонтажей выделяются контуры с кондиционным содержанием полезного компонента, карстовые зоны, разные типы известняков и доломитов. По данным Донецкого политехнического института, погрешность определения положения точек геологического контура 0,8—1,0 м. При составлении бортовых зарисовок в чистовом виде по фотоматериалам горизонтальный масштаб равен 1:1000, вертикальный 1:500.

50 % всего объема геологической документации на карьерах производилось фотографическим способом.

2. МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ И ЗОЛОТА

Скарново-полиметаллическое месторождение отличается неярким и разнообразным цветом пород: различные оттенки красного (родониты, гранитоиды), зелено-желтого (гранатовые и пироксеновые скарны, эпидозиты) и др. Первичные признаки многих пород изменены в результате наложенной скарновой и более поздней гидротермальной минерализации. Все это указывает на невысокую фотогеничность пород. Условия съемки осложнялись также загрязненностью обнажений в выработках и необходимостью составления полной развертки, которая принята на месторождении при визуальной зарисовке.

Несмотря на это эффективность фотодокументации, благодаря использованию наших методических приемов съемки и дешифрирования (см. гл. III и VI), достаточно высокая. Геологическое строение, отраженное на рис. 11, а, было дешифрировано в камеральных условиях с достаточно высокой достоверностью, что подтверждено натурными наблюдениями. Для повышения контраста изображения основных рудовмещающих пород, в разной степени насыщенных рудными минералами, использовались светофильтры (табл. 13).

При использовании светофильтров учитывалась установленная опытным путем кратность экспозиции: 1,5 для ОС-12, ЖС-18; 3 для УФС-3, СЗС-12; 4 для СС-12, КС-2; 12 для ЖЭС-12.

Часть сульфидных минералов из-за бликов невыразительна на снимке, что затрудняет оценку оруденелости. Чтобы получить изображение руды в полном объеме с одинаковым темным фототонем, съемка проводилась в поляризованном свете. Такое изображение сульфидной руды наиболее контрастно при светлых рудовмещающих породах (скарнированных

Таблица 13

Породы и минералы	Тип используемых светофильтров в зависимости от тона вмещающих пород	
	световой тон	темный тон
Пустые породы:		
а) карбонаты	ОС, ЖС, КС	СС, СЗС
б) гранитоиды	ЗС, СЗС, СС	ОС, КС, ЖС
Рудосодержащие породы:		
а) гранатовые скарны	СС, СЗС	ЖС, КС, ОС
б) пироксеновые скарны	ОС, КС	ЗС, ЖЗС, ЖС
в) эпидозиты	КС, ОС	ЗС, ЖЗС
Минералы:		
а) сфалерит, пирит, халькопирит	СС, СЗС	ЖС, ОС
б) галенит	ЖС, ОС	СС, СЗС
в) альбит, ортоклаз, родонит	ЖЗС, СС, ЖС	ЖС, ОС, КС
г) эпидот	ОС, КС	ЗС, ЖЗС
д) кварц	ОС	УФС, СС

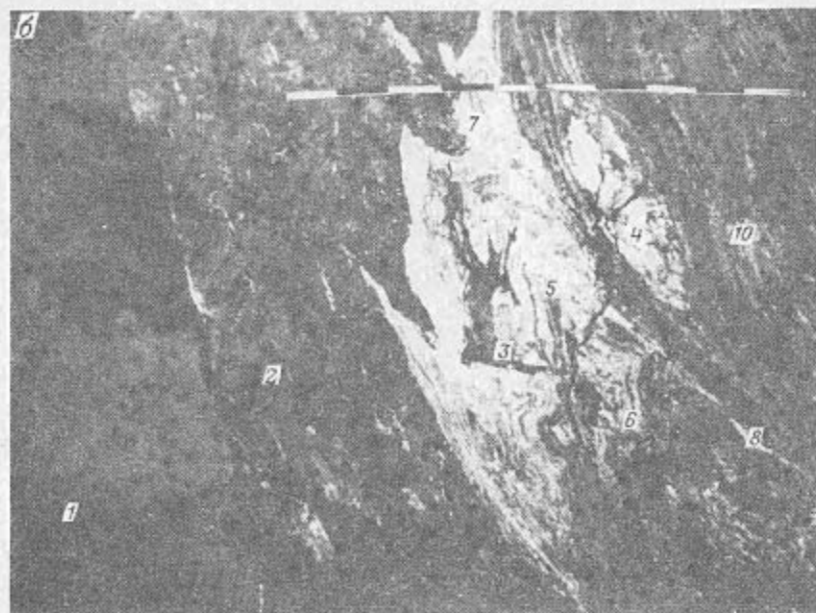


Рис. 26. Рудный забой штрека при съемке в обычном (а) и поляризованном (б) свете.

1, 2, 9 — массивная, полосчатая и сланцевая руды; 3, 5, 6, 7, 8 — серицитовый сланец,

известняках, гранат-волластонитовых скарнах и др.). При специальных исследованиях постмагматической минерализации использовалась цветная фотография (см. гл. III).
При фотодокументации загрязненных выработок учитывалось время их проходки. Известково-силикатная пыль в рудничной влажной атмосфере быстро цементируется и по истечении года становится устойчивой и не всегда поддающейся отмывке. Если выработка пройдена недавно, то фотоизображение пород, отличающихся друг от друга по макропризнакам, достаточно выразительно и просто дешифрируется. При съемке загрязненных старых выработок и пород с близкими макродиагностическими признаками используются рассмотренные ранее вспомогательные способы, такие как, например, маркировка пород. То же самое относится к съемке.

На полиметаллических месторождениях, обрабатываемых открытым способом, качество первичных геологических материалов повышается благодаря фотодокументации. Опытные работы показали, что наибольший эффект дает комплексное использование фотометода для геолого-маркшейдерских целей путем сочетания съемки фототеодолитами и любительскими камерами. В зависимости от сложности геологического строения, формы карьера, систем разработки и т. д. рекомендуются различные сочетания съемок.



свете.

насыщенный в разной степени сульфидами; 4 — кварц

1. Форма карьера и геологическое строение простые. В этом случае производится фототеодолитная съемка комплексного назначения с базисов, удаленных от борта на 500—700 м. Геологическая информация получается с фототеодолитных негативов и отпечатков, увеличенных до масштаба 1:100—1:500. Геологическое дешифрирование производится в камеральных условиях на стереомодели и с помощью стереоавтографа переносится на маркшейдерский план.

2. Конфигурация карьера сложная. Фототеодолитная съемка ведется с коротких базисов с расстояния 20—250 м. Геологическое дешифрирование ведется по крупномасштабным отпечаткам.

3. При сложном геологическом строении и значительных размерах карьера фототеодолитная съемка ведется с базисов, удаленных на 500—600 м. Геологическая документация осуществляется путем съемки любительскими камерами непосредственно с рабочих площадок уступов или с базисов телеобъективами (см. гл. IV).

При дешифрировании широко использовались такие дешифровочные признаки, как трещиноватость и отдельность пород. Например, на одном из карьеров дайки гранит-порфиров и кварцевых порфиров разбиты трещиноватостью, нормальной к контакту, что отличает эти породы от похожих гранодиоритов, имеющих блочную и глыбовую отдельность. Известнякам свойственна плитчатая отдельность. На другом карьере

по характерной трещиноватости разделялись алевролиты разных свит, опознавались порфириды и интрузивные тела порфириров. По данным В.А. Антонова, Д.Г. Ажгирея и других, метод комбинированной геолого-маркшейдерской съемки отличается высокой производительностью и точностью фотоматериалов, простотой использования последних. При этом стоимость работы по созданию геолого-маркшейдерских планов в четыре раза ниже, чем при обычном способе их составления.

Меднорудное месторождение, представлено жилообразными телами с массивной колчеданной рудой (см. рис. 10), которые залегают на контакте кварц-серицитовых сланцев с кварц-альбитовыми порфироидами. Сланцы на контакте с рудой обогащены сульфидами и образуют промышленную "сланцевую" руду. Вмещающие породы имеют светло-зеленый и серо-зеленый оттенки, нередко интенсивно деформированы и рассланцованы. Все это обеспечивает хорошую дешифрируемость фотоснимков, получаемых по методике, описанной в гл. III и V. Затруднения возникают при выделении и оконтуривании участков бедной "сланцевой" руды и сланцев, в разной степени насыщенных рудной минерализацией (рис. 26, а). Эти породы имеют близкие дешифровочные признаки, а часть сульфидов, образующих блики, сливается со светлым тоном вмещающих пород. Съемка в этом случае ведется в поляризованном свете. Один поляриод укрепляется вместо защитного стекла перед лампой фотовспышки, соединенной с аппаратом, другой с помощью кольца-муфты — на объективе фотоаппарата. По рискам, указывающим плоскости поляризации светофильтров, определяется их взаимно перпендикулярное положение. При этом происходит полное погасание бликов от сульфидных минералов и все оруденелые участки изображаются темными, четко выделяющимися на светлом фоне серицитовых сланцев (см. рис. 26, б). Степень почернения изображения соответствует степени насыщенности пород сульфидами.

Проведенные исследования и рассмотренные примеры указывают на высокую эффективность фотодокументации.

Для протяженных участков карьеров медно-серного комбината с простым строением составлялись фотомонтажи в масштабе 1:200, дешифрирование проводилось в камеральных условиях; при сложном строении масштаб снимков 1:50, дешифрирование комбинированное. Материалы фотодокументации в крупном масштабе позволили определить количественные соотношения обломков разного размера и состава для пирокластов и рудоносных туфобрекчий, установить текстурно-структурные особенности липаритовых порфиритов и рудных тел, закономерности изменения флюидалности от центра тела к контакту, изучить строение и минерализацию зон тектонических нарушений и т. д. На фотоснимках откосов достаточно просто опознаются дайки по фототону, форме тела, трещиноватости; рудные тела — по характерному темному тону и однородной фактуре руды массивного сложения; тектонические нарушения — по светлому тону рассланцованных серицитизированных пород зоны смещения. По фактуре изображения и особенностям трещиноватости удалось легко разделить мелко- и крупнообломочные пирокласты, монолитные кварцевые порфиры и брекчиевидные лавы такого



Рис. 27. "Листинные" кварцевые жилы с оторочкой березитов (светло-серое) среди плагиогранит-порфиром (темно-серое)

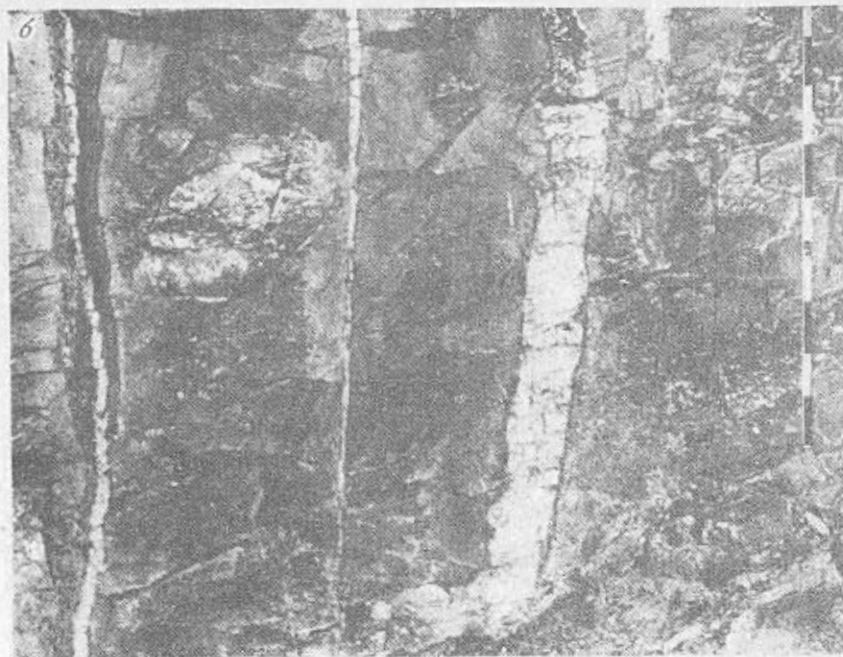


Рис. 28. Кварцевые жилы при съемке без светофильтра (а) и со светофильтром

же состава, разные части экструзивно-субвулканических тел. По изменению фототона и фактуры изображения выделяются участки хлоритизации, окварцевания, различной гидротермальной и сульфидной минерализации.

На меднорудном месторождении материалы фотодокументации трещинных кварц-кальцитовых тел с халькопиритом, пиритом, купритом, борнитом дают полную надежную и точную геологическую информацию. Фотоизображение штокверковых рудных тел, залегающих среди гидротермально-измененных (окварцованных, серицитизированных и т. д.) порфириров серо-зеленого цвета, однако, дешифрируется с трудом. С целью повышения выразительности фотоизображения и пограничного контраста руды и породы съемка велась со светофильтрами. По результатам изучения спектральной яркости рудная минерализация наиболее контрастна при съемке в оранжево-красной части спектра (светофильтры ОС-12, ОС-14). Для повышения селективности изображения сульфидов и кварца целесообразно использовать синие светофильтры (СС-4). Несмотря на отмеченные трудности, материалы фотодокументации превосходят визуальные зарисовки, на которых штокверковые рудные тела обозначаются схематически, а тип руды — условным знаком.

Золоторудное месторождение. Основным объектом геологического изучения являются кварцевые жилы, их морфология, мощность, усло-



УФС-3 (б)

вия залегания, число и распределение в гранитоидных дайках ("лестничные" жилы) и в сланцево-эффузивной толще ("красичные"), а также развитие сульфидной минерализации и тектонических нарушений. Научно-практический интерес представляют зоны гидротермального изменения в зальбандах жил в гранитоидах (березиты) и осадочно-эффузивных породах (листвениты).

Фотосъемка в подземных выработках производилась по описанной в гл. III методике. Фотомонтаж стенок или кровли штрека (рис. 27) создавался из снимков масштаба 1:50. Масштаб снимков забоев 1:20. Эти фотоматериалы позволяют получить всю отмеченную выше геологическую информацию.

На снимках кварцевые жилы иногда с трудом выделяются на фоне светлых березитов и лиственитов (рис. 28, а). Для повышения выразительности и контраста изображения кварцевых жил съемка велась со светофильтром УФС-3 (см. рис. 28, б). Значительная часть сульфидов из-за бликов сливается на снимках с изображением светлых боковых пород и жил (рис. 29, а). Для изображения всего объема сульфидной минерализации съемка велась в поляризованном свете, при котором все блики уничтожались и сульфиды изображались темными на светлом фоне кварцевой жилы и березитов (см. рис. 29, б).

По достоверности, точности и полноте геологической информации

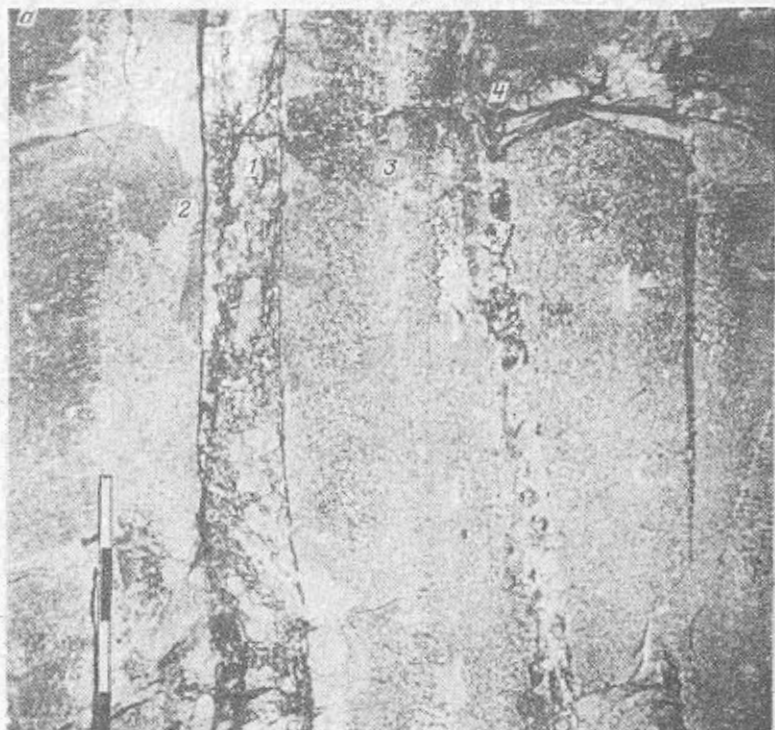
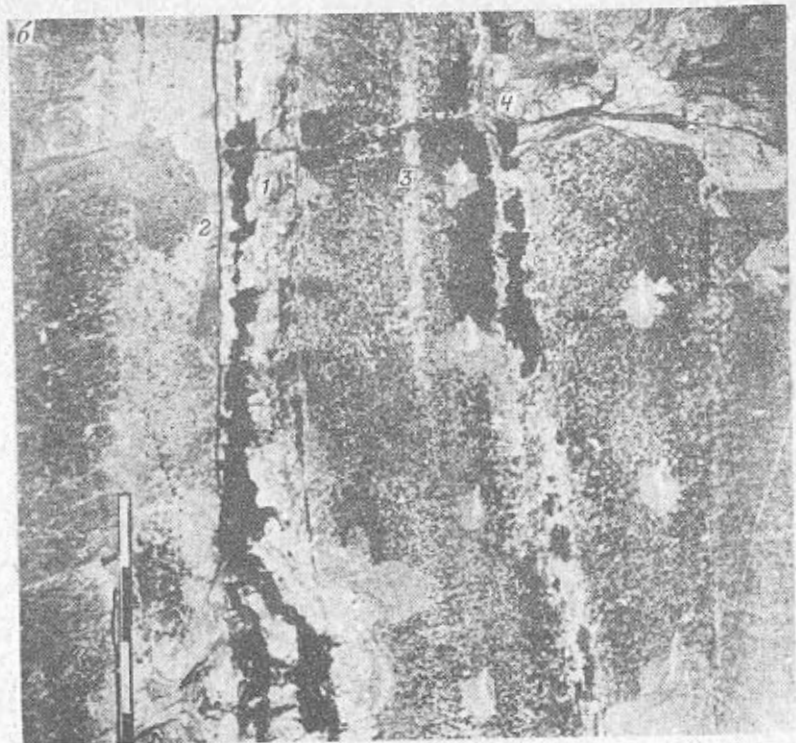


Рис. 29. Сульфидная минерализация в кварцевых жилах (1, 4) и березитах (2, 3)

приведенные фотоматериалы значительно превосходят глазомерные зарисовки масштаба 1:200, которые отображают только линию кварцевых жил с цифровым обозначением их мощности.

Опытная фотодокументация на золоторудных месторождениях проводилась по методике, близкой к описанной в гл. III. Получены положительные результаты.

На рудном карьере Мурунтау оптимальный масштаб съемки, по данным ЛГИ, 1:800; масштаб отпечатков 1:100. Сложное геологическое строение и преобладающий темный цвет песчано-глинистых пород снижают фотогеничность массива. Изучение спектральной яркости и опытная фотодокументация показали некоторое повышение селективности изображения светлого кварца относительно окварцованных и каолинизированных алевролитов и окрашенного кварца в фиолетово-голубой зоне спектра; окрашенного кварца относительно песчаников и биотитовых сланцев — в зелено-голубой и относительно алевролитов и их окварцованных разностей — в фиолетовой и красной зонах. Контрастно изображаются ожелезненные алевролиты при съемке со светофильтрами ЖС-17, ОС-12 на пленку типа КН-3. Основным дешифровочным признаком является изображение текстурно-структурных особенностей (например, слоистости в алевролитах) и трещиноватость (например, плитчатая отдельность в сланцах).



при съемке в обычном (а) и в поляризованном (б) свете

3. МЕСТОРОЖДЕНИЯ НЕРУДНЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Апатит-нефелиновые месторождения. Исследования на рудниках комбината "Апатит" показали, что в условиях простого геологического строения и значительной мощности рудных тел фотодокументацию целесообразно проводить выборочно на участках складчато-разрывных нарушений, приконтактных участках и вмещающих пород, участках изменения состава и строения руд. Снимки должны иметь масштаб 1:10—1:50. Остальные участки документируются путем визуальных зарисовок в масштабе 1:100.

Дешифрируемость руд и пород высокая. Фототон трахитов темный, фактура тонкополосчатая, при вкраплениях нефелинов рисунок изображения зернистый. Уртиты на снимке имеют темно-серую окраску, среднезернистую фактуру и глыбовую форму. Обогащение пород пироксеном приводит к потемнению, а полевыми шпатами — к посветлению фототона. Апатитовые руды имеют светлый фототон. Тектурно-структурные особенности, определяемые сочетанием светлых и темных минералов, отражаются в фактуре изображения. Окисленные руды более контрастны при съемке со светофильтром типа КС. Четко опознаются жильные об-

разования уртитов, пегментов и др., труднее — маломощные прожилки пироксена и нефелина.

Значительный эффект дает фотодокументация подземных и открытых выработок на месторождениях слюды. Достаточно надежно выделяются главные литологические типы пород, условия их залегания, границы тел, а также различные минеральные ассоциации, например светлые ортоклазиты среди темных биотит-роговообманковых сланцев. Для разделения плагиоклаза и микроклина при съемке используются светофильтры УФС-2 и СС-12; для Мусковита и биотита — КС-10. Основными дешифровочными признаками являются форма и условия залегания геологических тел, трещиноватость и текстурно-структурные особенности пород. Поэтому безошибочно дешифрируются дайки среди катаклизитов и ортотектитов, флогопитовые жилы среди сланцев и т. п.

4. УГОЛЬНЫЕ И СЛАНЦЕВЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Цветовой контраст угленосных отложений невысокий и поэтому спектрональное фотографирование, а также фотографирование на цветную пленку существенно не улучшают изобразительность угольных пачек и породных прослоев на снимках.

Особенность геологической фотодокументации горных выработок на угольных месторождениях заключается в использовании только черно-белых фотографических материалов. При наличии на месторождении высокого яркостного контраста слоев используются фотоматериалы с хорошей проработкой деталей — фотопленки "Фото-32" или "Фото-65" и нормальная фотобумага. На тех месторождениях, где преобладают слои с низким яркостным контрастом (визуально такие слои плохо разделяются), используются фотоматериалы, способные значительно увеличить интервал яркостей на снимке в сравнении с натурным, а именно: аэрофотопленка "Изоланхром-17" или "КН-3" и контрастная фотобумага.

Для погашения бликов от плоскостей отдельности блестящих углей (если эти блики на снимке не используются как дешифровочные признаки) используются поляриды.

На угольных шахтах, опасных по газу и пыли, источником освещения при фотосъемке должна быть, как правило, лампа-вспышка в искровзрывобезопасном исполнении типа "Фотон".

Пример геологической фотодокументации на угольных месторождениях, разрабатываемых открытым способом, приведен на рис. 30, на котором показаны результаты съемки участка одного из уступов Коркинского карьера и геологическое дешифрирование снимков. На участке документации вскрыто в основном моноклинальное залегание угольного пласта Верхний II, который представлен переслаивающимися прослойками угля, аргиллита, алевролита и песчаника при большой угленасыщенности. Ввиду сложного геологического строения производилась сплошная фотодокументация, т. е. последовательно с определенным шагом съемки

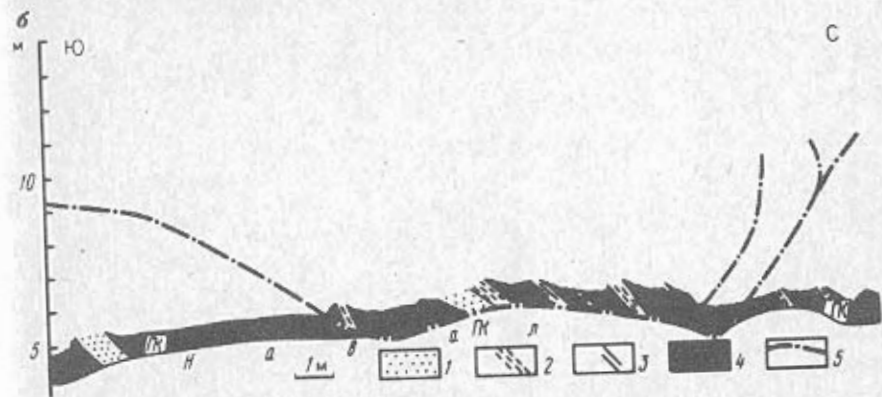
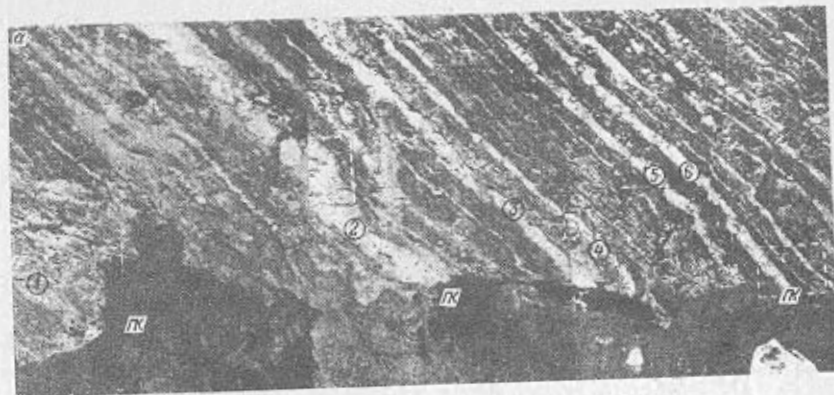


Рис. 30. Фотодокументация на Коркинском угольном карьере.
а — фотомонтаж уступа; б — дешифрированное изображение. 1 — песчаник; 2 — алевролит; 3 — аргиллит; 4 — уголь; 5 — след сместителя

фотографировался откос уступа. Съемка велась с помощью штангштатива объективом "Мир-1", с расстояния 30 м.

На фотографии описываемым слоям присвоены порядковые номера (обведенные кружком): 1 — мелкозернистый песчаник мощностью 80 см. Ниже слоя 1 залегает уголь, переслаивающийся с прослоями алевролита (мелкоступенчатый рельеф) и серого аргиллита. Видимая нормальная мощность их 620—640 см. Слои 1 перекрывают слои переслаивающихся с аргиллитами углей, дислоцированных вблизи нарушения. Из трещины нарушения высачивается вода (темный фототон). 2 — крепкий песчаник с раковистым изломом, мощность слоя которого 50—70 см. Висячем боку нарушения этот песчаник подстилает толща переслаивающихся углей, аргиллитов и алевролитов. Слои 3, 4, 5 и 6 представлены алевролитами, мощность которых соответственно равна 30—50; 10—20;

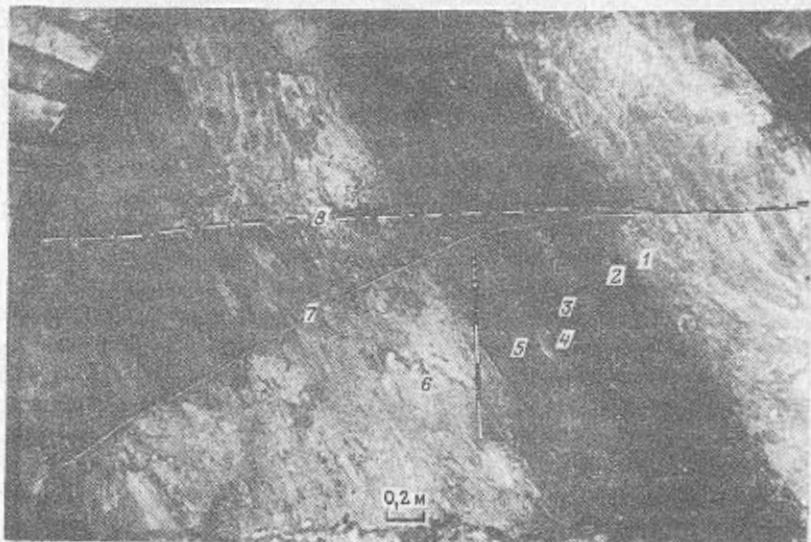


Рис. 31. Фотодокументация на угольной шахте "Кочегарка".

1 — известняк; 2 — блестящий уголь; 3 — углистый аргиллит; 4 — полублестящий уголь; 5 — аргиллит ("кучерявчик"); 6 — песчано-глинистый сланец; 7 — граница влажных и сухих пород; 8 — трещина

28–35 и 26–35 см. Между слоями алевролитов залегают тонкопереслаивающиеся прослойки углей и аргиллитов общей мощностью соответственно (от слоя 3 выше по разрезу) 3,2; 0,8; 2,6 и 0,6 м. На снимках можно проследить отдельные прослойки мощностью 2–3 см, выклинивающиеся по падению. Падение слоев на снимках монтажа более крутое висячем крыле нарушения (55°), в лежачем оно более пологое (35°).

Видимое на снимках разрывное нарушение с пологим сместителем (угол 25°) легко дешифрируется по обводненному лежачему боку. Висячем боку наблюдается небольшой подворот слоев вблизи нарушения, что позволяет характеризовать этот тип нарушения как взброс. Амплитуда смещения нарушения не устанавливается из-за отсутствия фотомаркирующих горизонтов и близости направлений следов сместителя и напластования. Более мелкие нарушения, представляющие собой опоряющие трещины типа взброса, имеют видимую амплитуду смещения от нескольких сантиметров до 40 см.

На рис. 31 приведены материалы по фотодокументации штрека шахты "Кочегарка" (Донбасс). Простое геологическое строение обусловило позабойную документацию через интервал, предусмотренный инструкцией. На участках с геологическими нарушениями интервал документации сокращается таким образом, чтобы снимки последовательно заснятых забоев давали представление об изменениях нарушений в пространстве. Съемка производилась с рук на расстоянии 7 м объективом "Мир-1" и фотовспышкой "Фотон". Угольный пласт мощностью 50 см состоит

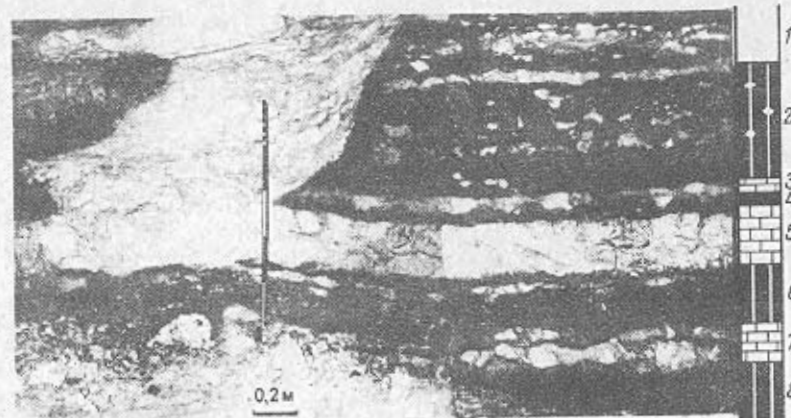


Рис. 32. Результат геологической фотодокументации выработок на месторождении горячих сланцев. Шахта "Ленинградская"

из пачки блестящего угля (35–40 см) и пачки полублестящего угля (5–10 см), разделенных прослоем углистого аргиллита (3–7 см). Пласт перекрывают темно-серые массивные известняки с ровным контактом. Непосредственной почвой угольного пласта является "кучерявчик" мощностью 25–35 см, который подстилается серым песчано-глинистым сланцем. Залегание пород моноклинальное с углом падения 60° . Породы разбиты горизонтальными трещинами без видимого смещения слоев. Наклонный след, хорошо видимый на песчано-глинистом сланце, является границей увлажнения пород.

На рис. 32 приведен пример фотодокументации выработок при разработке горячих сланцев. Проведена съемка стенки штрека шахты "Ленинградская" объективом "Мир-1" при отстоянии 4 м. На снимке представлен промышленный пласт в пределах вынимаемой мощности. Составляющие его слои имеют следующие мощности: 1 — ложная кровля 22 см; 2 — слой горячего сланца I 50 см; 3 — известняк "Спутник" 7 см; 4 — мергелистый сланец 5 см; 5 — известняк "Плита" 25 см; 6 — слой горячего сланца II 25 см; 7 — известняк "Кулак" 18 см; 8 — слой горячего сланца III 22 см. Залегание слоев горизонтальное. Карстовое нарушение в промышленном пласте представлено глиной с обломками известняка. Контакт карстовой зоны неровный, мощность зоны около 1 м, простирание северо-восточное, $50-60^\circ$. В карстовой зоне наблюдается трещина с теми же элементами залегания. В приконтактной зоне промышленного пласта заметна повышенная трещиноватость.

Глава X. ЭФФЕКТИВНОСТЬ, ВНЕДРЕНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ФОТОДОКУМЕНТАЦИИ

1. ЭФФЕКТИВНОСТЬ ФОТОДОКУМЕНТАЦИИ

Эффективность установлена по результатам технико-экономического сравнения фотометода с обычным методом визуальных зарисовок. Сопоставление затрат труда, времени и средств ведется обычно по основным процессам только по тем операциям, которые характеризуют фотометод и сопоставимы с визуальной зарисовкой. Не учитывались затраты на одинаковые для любого способа операции: подготовку и привязку участка, разбивку интервалов, построение сводных геологических чертжей по материалам первичной документации.

Для сравнительного анализа двух способов геологической документации использовались результаты непосредственных хронометражных наблюдений, полученных ЦНИГРИ и ВНИМИ на полиметаллических месторождениях. В табл. 14 приведено сравнение затрат труда на документацию 100 м стенки выработки фотографическим и обычным способами. Фактические данные объединены в две основные группы процессов: подземная документация (фотосъемка и составление зарисовки) и камеральная обработка. При фотометодом последняя включает проявление пленки, печать и монтаж снимков, дешифрирование и чистовое оформление первичных документов.

Примерно такие же данные получены МГРИ для полиметаллического комбината: на фотодокументацию 100 м выработки необходимо 17–20 чел-ч, на зарисовку 33 чел-ч. Стоимость работы и материалов, по данным ЦНИГРИ, составила при фотодокументации 11–13 руб., при зарисовке 20–24 руб.

Все это указывает на то, что фотографический способ производительнее и дешевле визуального. Даже на первой стадии внедрения фотометода рост производительности геологической документации, по данным МГРИ и МГУ, на полиметаллическом комбинате составил 30 % при снижении стоимости работ на 25 %; на медно-молибденовом комбинате соответственно на 20–25 и 25–30 %.

Таблица 14

Процессы	Затраты, чел.-ч			
	Данные ЦНИГРИ		Данные ВНИМИ	
	Фотометод	Зарисовка	Фотометод	Зарисовка
Подземная документация	4–6	28	3–4	25
Камеральная обработка	14–15	7	15–16	7
Всего	18–21	35	18–20	32

Преимущество фотодокументации более ощутимо при большом объеме работ, а также если лабораторная обработка фотоматериалов производится лаборантом без участия геолога. Кроме того, при фотосъемке значительно сокращается время остановок производственных процессов проходки.

Многолетние самохронометражные наблюдения геологов Коркинского угольного карьера показали, что на 100 м сплошной зарисовки требуется в зависимости от сложности геологического строения 3–5 дней. Затраты времени (в ч) на все работы по фотодокументации такого же участка по нашим хронометражным наблюдениям составили при съемках:

	время геолога	время рабочего
с рук	4,9	2,8
со штанги	5,6	3,3
с телеобъективом	1,3	1,4

Получается, что на фотодокументацию 100 м откоса требуется не более одного рабочего дня. Таким образом, фотодокументация производительнее обычного способа составления бортовых зарисовок в три раза.

Бортовая зарисовка 100 м на карьерах объединения "Вахрушевуголь" составляется за 10 ч работы бригадой из двух-трех человек (данные самохронометража). На этих карьерах нами проводились хронометражные замеры всех полевых и камеральных операций по фотодокументации. Для участка в 100 м затраты (в ч) составляли для съемок:

	время геолога	время рабочего
с рук	2,7	2,1
со штанги	3,0	2,1
с телеобъективом	2,7	2,0

Затраты времени на фотодокументацию, равные при этом примерно 5 чел-ч, значительно меньше затрат (20–30 чел-ч) на зарисовку.

При сравнении двух методов документации на карьерах очевидны такие преимущества фотодокументации, как повышение безопасности труда геолога, полная геологическая изученность всех уступов, в том числе высотой более 15 м и вскрышных без ущерба производительности работ, повышение качества документации и др.

Объем оптимальной замены метода зарисовок фотометодом решается в результате технико-экономического сопоставления с учетом геологических условий, организационных возможностей и поэтапности внедрения.

2. ВНЕДРЕНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ФОТОДОКУМЕНТАЦИИ

Разработка методики геологической фотодокументации и ее внедрение осуществлялись в разные годы различными организациями в условиях разведки и разработки месторождений.

Внедрение этого прогрессивного метода в последнее время проводится путем обязательных мероприятий на основе утвержденных практи-

ческих руководств [14], а также рекомендаций ГКЗ и школы передового опыта. Результаты исследований [17] одобрены и рекомендованы для практического внедрения на угольных карьерах отрасли. Много геологов-энтузиастов продолжают совершенствовать методы фотодокументации применительно к конкретным месторождениям и использовать этот метод наряду с визуальными зарисовками. Необходимость практического использования фотографии для геологической документации подчеркивается введением соответствующего курса для геологоразведочных техникумов.

3. ПЕРСПЕКТИВЫ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ФОТОДОКУМЕНТАЦИИ

При совершенствовании методов и техники крупномасштабной геологической фотодокументации необходимо учитывать достижения в фототехнике и аэрогеологии, в частности разработки по повышению дешифровочных возможностей путем использования автоматического микрофотометрирования, оптической фильтрации и современных фотоматериалов. Одним из мероприятий по усовершенствованию будет создание "банка" или каталога фотометрических характеристик и их корреляционных связей с особенностями (тональностью, структурой) крупномасштабного фотоизображения горных пород.

Совершенствование технических средств и методов возможно на основе щелевой фотосъемки, описанной в гл. III. По данным ЛГИ, производительность этого вида фотосъемки по сравнению с кадровым методом выше в четыре-пять раз. Причем время непосредственной съемки снижается в 20–25 раз, полностью исключается трудоемкий процесс — монтаж фотоснимков, повышаются измерительные и дешифровочные возможности, так как фотоизображение не имеет разрывов, освещение при съемке в два-три раза ниже обычного благодаря повышенному световому балансу затвора щелевой камеры.

Возможности фотодокументации расширяются при использовании спаренных стереоскопических камер. При стереофотограмметрической съемке короткобазисными спаренными камерами, например серийными камерами СМК 5 • 5/0808 (ГДР), можно решать большинство рассмотренных ранее геологических и сопредельных задач, значительно повысив информативность и точность фотоматериалов благодаря пространственному координированию геологических объектов (методы стереосъемки освещены частично в гл. IV, VIII и специальных работах [15]).

Микрофотометрирование является одним из перспективных направлений объективного и количественного анализа фотоизображения по его тональности. В результате дешифрирование из качественного визуального опознания становится процессом, лишенным субъективизма исполнителя. При микрофотометрировании для каждой породы устанавливается средняя оптическая плотность (общий тон), ее дисперсия (контраст изображения) и параметры регистрограммы, коррелирующей распределение оптической плотности с размерами деталей изображения. Корреляция показателей плотности и параметров регистрограммы используют

ся для создания математической модели изображения объекта. Это позволяет выявить количественные признаки дешифрирования, автоматизируя процесс опознания по снимку. Для этих целей создана система приборов "Поиск" с набором программ математических моделей, используемых в аэрогеологии. Серийно выпускается автоматический микрофотометр "Ромб", предназначенный для ввода в ЭВМ данных о плотности и местоположении точек фотоизображения с последующим получением результатов интерпретации на светочувствительном материале.

Оптическая фильтрация позволяет повысить информативность фотоснимков и производительность дешифрирования. Оптические фильтры как интерпретационные приборы применяются при анализе геофизических данных. Например, в ЛГИ с помощью этого прибора автоматизировано изучение ориентировки трещиноватости.

Известно, что любое изображение можно передавать электросигналами телевизионного типа, которые являются спектром колебаний с определенной частотой и скоростью. В этом случае фотоизображение поддается оптическому разложению и фильтрации. Этот принцип использован в опознающих устройствах. При освещении изображения лазером в фокальной плоскости оптической системы происходит дифференциальное распределение освещенности. Образованный двумерный спектр подвергается оптической фильтрации посредством заслонок различной формы, с помощью которых убирается (вычитается) изображение определенной частоты и направления. Результаты фильтрации светового потока измеряются на фотометре или фотографируются для последующего анализа. Например, для изучения трещиноватости в ЛГИ использовалась заслонка с клинообразной щелью в $2,5^\circ$, которая вращалась относительно оси частот спектра в обе стороны на $2,5^\circ$. Проходящие световые потоки регистрировались с помощью гальванометра или самописца фотометра. По этим данным строилась полярная диаграмма трещиноватости.

Цветное фотоизображение почти в три раза информативнее черно-белого, так как глаз более чувствителен к цветному изображению. Но реальные цветные снимки из-за снижения резкости и контрастности повышают дешифрируемость, по данным А.Н. Живитина, по сравнению с черно-белыми только в 1,3 раза.

Приборы, улучшающие восприятие фотоизображения. В аэрогеологии широко используются приборы, повышающие возможности и точность дешифрирования. По разрешающей способности глаз уступает снимку в три раза. Поэтому для повышения остроты зрения используются различные приборы: комплекты луп НДЛ-3, ЛПИ-463, ЛПА-7 и др., телескопическая лупа ЛМ, бинокулярные лупы, стереоскопический микроскоп МБС, стереоскопы ЛЗ, ЗЛС и др., интерпретоскоп производства ГДР, дешифровочный стереоскоп Д-2, ДС-4. Зрительное восприятие изображения повышается с увеличением порога тонального контраста и с уменьшением ширины зоны перехода от одного тона к другому. Для этого используются различные эпидиаскопы (ЭПД-459 и др.), проекторы (МСП-4, трансформатор М.П. Бордюкова) и просмотрные устройства. Последние широко применяются в космической фотосъемке [5].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бобир Н.Я. Фотограмметрия. М., Недра, 1965. 290 с.
2. Бунимович Д.З., Фомин А.В. Справочник фотографа. М., Легкая индустрия, 1970. 276 с.
3. Высоцкий Б.П. Аэрофотометоды при геологических исследованиях. М., Госгеолтехиздат, 1962. 84 с.
4. Гневушев М.А., Данилочкина Л.Е. О применении черно-белой фотографии при геологической документации подземных горных выработок. — Разведка и охрана недр, 1963, № 9, с. 32—36.
5. Живичин А.Н., Соколов В.С. Дешифрирование фотографических изображений. М., Недра, 1980. 253 с.
6. Зайцев Ю.А., Мухина Л.А. Применение цветной и спектральной аэрофотосъемки в геологических целях. М., Изд-во МГУ, 1966. 304 с.
7. Келль Л.Н., Финаревский И.И. Фотограмметрия в горном деле. — Межвуз. науч. тематич. сб., 1973, вып. 1, с. 36—41.
8. Кокорева К.Л. Фотодокументация шахтных стволов Верхнекамского месторождения. Фотограмметрия в горном деле. — Межвуз. науч. тематич. сб., 1971, вып. 1, с. 67—70.
9. Кравцов А.И., Трофимов А.А. Шахтная геология. М., Высшая школа, 1977. 553 с.
10. Красильщиков Я.С. Основы фотографии и кинематографии при геологических работах. М., Недра, 1978. 215 с.
11. Кривоборский В.В. Совершенствование фотограмметрического метода составления первичной геологической документации подземных горных выработок. — Тр. ЛГИ, 1971, вып. 3, с. 48—57.
12. Кузьмин В.И., Красноперов М.Я. Руководство и таблицы для определения нормальной мощности пластов. М., Недра, 1973. 105 с.
13. Мартынов В.Т., Воларович А.Г. Геологическая фотодокументация подземных горных выработок рудных месторождений. М., Недра, 1969. 83 с.
14. Методические указания по фотогеологической документации разведочных выработок рудных месторождений. М., 1978. 44 с. (ЦНИГРИ).
15. Наземная стереофотограмметрическая съемка горных разработок /А.П. Трунин, Е.Л. Аствацатуров, Д.П. Кораблев и др. М., Недра, 1979. 160 с.
16. Петрусевич М.Н. Воздушная и наземная стереофотосъемка при геологических исследованиях. М., Изд-во МГУ, 1976. 263 с.
17. Указания по геологической фотодокументации бортов угольных разрезов /Р.А. Такранов, А.С. Шустерман, С.Д. Тихонова. Л., 1972. 80 с. (ВНИМИ).
18. Условные обозначения для горной графической документации. М., Недра, 1981. 304 с.
19. Фотограмметрический метод геологической документации подземных горных выработок: Методические указания /Е.Л. Аствацатуров, А.С. Забродин, К.Л. Кокорева и др. Л., 1963. 55 с. (ВНИМИ).

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Глава I. Основы геологической фотодокументации	5
1. Фотограмметрические свойства снимка	5
2. Средства фотосъемки	7
3. Специальные виды съемки	12
Глава II. Горно-геологические условия фотодокументации	14
1. Фотометрические предпосылки	14
2. Съемка подземных горных выработок в различных горнотехнических условиях	23
3. Съемка в условиях карьера	24
Глава III. Методика геологической фотодокументации подземных горных выработок	25
1. Подготовительные работы	25
2. Методика съемки	28
3. Особенности фотодокументации выработок различного назначения	31
4. Усовершенствование подземной фотодокументации	34
Глава IV. Методика геологической фотодокументации на карьерах	37
1. Подготовительные работы	44
2. Методика съемки	45
3. Геологическая документация по материалам фототеодолитной съемки	47
Глава V. Фотолaborаторные работы	47
1. Фотохимическая обработка и ее влияние на деформацию фотоматериалов	47
2. Печать и фотограмметрическая подготовка снимков	50
3. Составление фотомонтажа	52
4. Хранение материалов фотодокументации	52
Глава VI. Геологическое дешифрирование	53
1. Факторы, влияющие на дешифрируемость фотоснимков	53
2. Методика дешифрирования	59
3. Достоверность дешифрирования	65
Глава VII. Метрическая обработка и оценка точности материалов фотодокументации	67
1. Измерения по фотоснимкам	67
2. Оценка точности материалов фотодокументации	69
Глава VIII. Использование материалов фотодокументации	79
1. Координирование геологических объектов	79
2. Определение мощности	82
3. Определение элементов залегания	84
4. Опробование	87
5. Составление чистой первичной документации	90
6. Решение отдельных геологических задач	91
Глава IX. Геологическая фотодокументация выработок на различных месторождениях	94
1. Железорудные месторождения	94
2. Месторождения цветных металлов и золота	95
3. Месторождения нерудных полезных ископаемых	103
4. Угольные и сланцевые месторождения	104
Глава X. Эффективность, внедрение и перспективы геологической фотодокументации	108
1. Эффективность фотодокументации	108
2. Внедрение геологической фотодокументации	109
3. Перспективы геологической фотодокументации	110
Список литературы	112

111