

В. И. ФОМИН

ФОТОГЕОЛОГИЧЕСКОЕ  
ИЗУЧЕНИЕ  
ВУЛКАНИЧЕСКИХ  
ПОЯСОВ



В. И. ФОМИН

ФОТОГЕОЛОГИЧЕСКОЕ  
ИЗУЧЕНИЕ  
ВУЛКАНИЧЕСКИХ  
ПОЯСОВ

3020



МОСКВА, НЕДРА, 1979



**Фомин В. И.** Фотогеологическое изучение вулканических поясов. М., Недра. 1979. 214 с.

Анализируются особенности геологического строения вулканических поясов и специфика их отражения в основных компонентах ландшафта на территории Дальнего Востока. Описываются признаки и критерии дешифрирования геоморфологических и геологических объектов и некоторые специальные приемы фотогеологических исследований, показываются возможности аэрокосмических методов и дается оценка геологической дешифрируемости.

Книга рассчитана на геологов, занимающихся металлогенией и региональными геологическими исследованиями.

Табл. 16, ил. 55, список литературы — 111 назв.

## ПРЕДИСЛОВИЕ

В настоящей работе изложены сведения, характеризующие специфику фотогеологического изучения вулканических поясов. Основной задачей являлось освещение многообразных условий, определяющих фотографическое выражение главных элементов геологического строения вулканических поясов, показ современных приемов и способов анализа и оценка геологической дешифрируемости рассматриваемых объектов. При подготовке работы были использованы материалы личных исследований автора в течение ряда лет (1966—1976 гг.), разработавшего методику фотогеологического изучения вулканических поясов. Исследования выполнялись в составе Аэрогеологической экспедиции объединения «Аэрогеология» и охватили значительную часть Камчатки, Корякии и Чукотки. Большинство вопросов, затронутых в работе, рассмотрено с учетом данных, характеризующих ландшафтные и геологические особенности вулканических поясов Советского Дальнего Востока. Автором были использованы материалы, любезно предоставленные в разное время Валединой Н. В., Гундобиным В. М., Дворянкиным А. И., Дмитриевой В. К., Дорогутиным А. П., Ковалевой В. В., Корольковым А. С., Махониной Л. И., Милехиным А. И., Розенкранцем А. А., Салунем С. А., Смеловской М. М., Филатовой Н. И.

Автор пользуется случаем выразить глубокую признательность В. М. Моралеву, по инициативе и при активном содействии которого была подготовлена данная работа, и С. А. Салуну, просмотревшему часть книги в рукописи и сделавшему ряд ценных замечаний и рекомендаций.

Одной из актуальных проблем в области геологических исследований является проблема изучения и картирования труднодоступных районов на территории советского Дальнего Востока. Известно, что во всех подобных условиях изучение геологического строения и геологических процессов с наибольшей эффективностью обеспечивается комплексным применением различных методов геологических исследований. Одним из основных методов, применяемых в условиях Дальнего Востока при геолого-съёмочных и поисковых работах, является аэрофотогеологический метод, основанный на всестороннем использовании материалов аэрофотосъёмки.

Фотогеология как один из современных методов изучения земной коры уверенно становится в один ряд с традиционными геологическими дисциплинами. Основой метода является фотография, полученная либо в наземных условиях, либо с летательных аппаратов из воздушного или космического пространств. В работе использовались главным образом аэрофотоснимки.

Изображение местности, полученное с самолета или другого летательного аппарата при помощи аэрофотоаппарата с использованием материалов, светочувствительных к видимой ближней инфракрасной зоне спектра, называют аэроснимком (АС). Это определение справедливо и для космических фотоизображений земной поверхности — космоснимков (КС), при условии фотографирования с космических носителей [57].

Разработанные и внедренные в практику геологоразведочных работ методы дистанционного изучения земной поверхности, такие как радиолокационная, радиотепловая, инфракрасная и другие виды съёмок, дают новые виды и типы изображений, в связи с чем фотогеологический метод может рассматриваться как один из методов дистанционного изучения земной поверхности. Общие приемы и способы получения геологической информации методом дешифрирования фотоизображений детально описаны в учебных пособиях и монографиях [73, 74, 3, 67, 4, 5], освещены в региональных методических руководствах [44, 33, 42].

В настоящей работе описываются в основном особенности применения аэрофотогеологических работ на территории регионов, объединяемых общими геологическими особенностями, а именно преимущественным развитием вулканических пород. Это территории Охотско-Чукотского вулканического пояса,

Сихотэ-Алинского вулканического пояса и Камчатского вулканического пояса.

Значительная протяженность вулканических поясов на территории советского Дальнего Востока и связанные с ней физико-географические различия обуславливают специфику и даже уникальность ландшафтных условий. Поэтому анализируются не только особенности геологического строения вулканических поясов, но и отражение их в основных компонентах ландшафта.

По положению в структуре земной коры вулканические пояса располагаются в зоне перехода от Азиатского материка к Тихому океану и являются окраинно-материковыми.

С момента выделения вулканических поясов в разряд самостоятельных структурных элементов земной коры прошло более двадцати лет [89, 98], но интерес к этим структурам не угасает до сих пор. В настоящее время не существует единого взгляда на природу вулканических поясов Земли. Одни исследователи склонны считать, что вулканические пояса свойственны всем основным структурным элементам земной коры и всем (или почти всем) стадиям развития [105]. Другие, наоборот, подчеркивают, что место вулканических поясов среди основных типов структур земной коры следует ограничить структурами орогенного класса, что вряд ли целесообразно искать их аналоги среди магматических комплексов эвгеосинклиналей или вулканических зон платформенного типа [7]. Вулканические пояса — протяженные и узкие структуры, сложенные преимущественно субэкральными вулканическими толщами, образуются в связи с проявлением процессов отраженной тектоно-магматической активизации [7, 108]. Иногда вулкано-тектонические пояса относят к разряду региональных структур, возникающих вследствие неравномерного развития напряжений в глобальных структурах — литосферных плитах [83].

На формирование ландшафтов этой части Тихоокеанского подвижного пояса оказывают влияние прежде всего высокая степень тектонической подвижности новейшего времени, активные современные движения и интенсивная сейсмичность, мощные процессы четвертичного и современного вулканизма. Немалую роль в их разнообразии играют также многолетняя мерзлота и горно-долинное оледенение, климатические условия, почвы, растительность [43].

Термин «ландшафт» используется в данной книге в геоморфологическом аспекте как сочетание различных неровностей поверхности, связанных между собою генетически и исторически [10].

Для обозначения структурно-морфологических единиц ландшафта (фаций, урочищ, местностей) используется термин элемент, для обозначения составных частей ландшафтной оболочки: приземного слоя воздуха, биоты (растительности,

животного мира, микромира), почв, горных пород, поверхностных и грунтовых вод — термин компонент [95]. Внутренняя структура ландшафта образуется сочетанием геолого-геоморфологических компонентов, которые, находясь во взаимосвязи с рельефом, гидрографической сетью, почвами, растительностью, создают внешнюю его структуру: фации, урочища, географические местности [41, 60]. Анализ ландшафтных условий проведен с целью выявления маскирующих и демаскирующих свойств основных компонентов, ландшафта, так как именно эти свойства определяют дешифрируемость литогенной основы ландшафта.

Для обозначения признаков дешифрирования в литературе используются различные термины: дешифрировочные признаки [62], дешифровочные признаки [4, 5, 29], дешифрирующие признаки [73, 77], демаскирующие признаки [52], признаки дешифрирования [54].

Автор использует термин признаки дешифрирования, понимая под ним определение свойств и индикаторов геологического строения, с помощью которых осуществляется дешифрирование фотоизображения. Термином критерии дешифрирования в книге обозначены признаки индикаторов геологического строения, характеризующиеся отличительными свойствами.

По степени универсальности применения описанные в книге признаки принадлежат трем основным категориям: признакам дальнего, регионального и локального применения (по аналогии с видами экстраполяции признаков дешифрирования [17]). Использование признаков первой категории практически не ограничено по площади: амплитуда их экстраполяции достигает нескольких сотен и тысяч километров. Ареал эффективного использования «региональных» признаков значительно уже: дальность их экстраполяции исчисляется десятками и сотнями километров. Репрезентативность данных, получаемых с помощью таких признаков, не достаточна для практического использования, но вполне пригодна для осуществления предварительного дешифрирования. Признаки локального действия наименее устойчивы при переходе из одной геолого-ландшафтной обстановки в другую: дальность их экстраполяции достигает всего лишь нескольких десятков километров. Однако с помощью признаков именно такой категории удается получить вполне достоверную и нередко уникальную информацию о геологическом строении конкретных территорий.

Методика фотогеологического изучения вулканических поясов предусматривает анализ фотоизображения с целью получения данных о составе, условиях залегания и последовательности образования разнообразных вулканогенных толщ, о структурных особенностях, свойственных вулканическим поя-

сам и др. Особое внимание уделено описанию методики изучения тех элементов геологического строения, которые так или иначе связаны с транзитом, локализацией или концентрацией полезных ископаемых. С новых позиций рассмотрены вопросы методики предполевого геологического и геоморфологического дешифрирования, так как применение таких современных видов региональных геологических исследований, как групповая геологическая съемка (ГГС), аэрофотогеологическое картирование (АФГК), геологическое доизучение площадей (ГДП), не может обойтись без использования принципов и методик геолого-геоморфологического картографирования. Автор затронул лишь несколько частных вопросов этой проблемы: методики составления предварительных карт геоморфологического и геологического содержания.

Специализированное районирование по степени геологической дешифрируемости отражает не только изменение условий дешифрирования по площади, но и выявляет сильные и слабые стороны фотометода и позволяет оценивать его возможности для решения вопросов прикладной геологии конкретных территорий.

Районирование вулканических поясов советского Дальнего Востока выполнено по методике, разработанной в объединении «Аэрогеология» [13, 14], однако технология составления «схемы районирования...» существенно изменена [102]. Впервые при составлении подобных схем использованы свойства регулярной решетки, позволяющие характеризовать направленность совокупного влияния ведущих природных факторов дешифрируемости по отношению к элементарной площадке местности. При оценке влияния факторов на геологическую дешифрируемость использована двоичная система оценок (да — нет), а для кодирования сведений о направленности влияния конкретных природных факторов дешифрируемости применен цифровой код. Выделение единиц районирования любого таксономического ранга, особенно определение их границ, производилось с помощью цифровой (кодовой) схемы, отражающей влияние ведущих природных факторов геологической дешифрируемости вулканических поясов.

В работе использованы преимущественно черно-белые аэрофотоматериалы. Поэтому некоторые выводы, сформулированные в книге, при дальнейших исследованиях с использованием материалов других видов аэрокосмических съемок, могут уточняться и дополняться новыми.

# ОСНОВНЫЕ ЧЕРТЫ ГЕОЛОГИИ И ЛАНДШАФТА ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА

## ГЕОЛОГИЯ ВУЛКАНИЧЕСКИХ ПОЯСОВ

### *Охотско-Чукотский вулканический пояс*

Охотско-Чукотский вулканический пояс (ОЧВП) протягивается в виде практически непрерывной полосы вулканогенных пород от восточного побережья Чукотки до Удской губы на расстояние более 3,5 тыс. км. Ширина его не постоянная и изменяется в пределах от 200 до 400 км. Общий объем излившихся пород пояса оценивается примерно в 1 млн. км<sup>3</sup> [21]. Пояс возник во второй половине раннего мела в зоне торцового сочленения мезозойской и кайнозойской складчатости. Последующее его развитие связано с процессами, происходящими в соседней с мезозоидами Анадырско-Корякской складчатой области.

По мнению В. Ф. Белого [7], в развитии пояса отчетливо различаются три периода: ранний — апт-туронский, средний — сенон-датский и поздний — раннепалеогеновый. Максимумы вулканической активности приходятся на апт-турон и верхний сенон-палеоцен, причем ранний этап (апт-турон) является главным.

Ранний этап формирования пояса — апт-турон — ознаменовался мощной вспышкой андезитового вулканизма; преобладали извержения центрального типа. В составе продуктов извержений выделяются андезиты, дациты, липариты, андезитобазальты. Отмечается существенная роль взрывчатых образований. В этот же период формируются субвулканические интрузии (крутопадающие дайки или изометричные куполовидные тела) преимущественно среднего состава, значительно реже встречаются тела дацитов и липаритов, закладываются первые крупные кольцевые вулканоструктуры. Образование гранитоидных интрузий охотской группы теснейшим образом связано с эффузивными комплексами.

Вулканизм сенон-датского времени в наиболее активной форме проявился севернее площадей более древнего (андезитового) вулканизма. Ему предшествовали длительный перерыв и глубокая переработка рельефа. Вокруг новых центров извержений образуются мощные слабонаклонные или платообразные толщи вулканитов. Большую роль в структурном плане вулканогенных комплексов играют многочисленные просадки и куполовидные поднятия. Намечаются контуры наиболее

крупных вулcano-тектонических структур. С этим этапом связано образование самостоятельной группы гранитоидных интрузий, тесно связанных с позднемеловыми игнимбритовыми (липаритовыми) формациями.

Эпоха палеогена ознаменовалась многочисленными излияниями базальтовых лав, которые проявились не только в пределах вулканического пояса, но и на сопредельных с ним территориях. Вулканы этого этапа образуют наклонные или субгоризонтальные плато, в пределах которых широко проявились процессы вулcano-тектонических проседаний и куполообразных поднятий. В тесной связи с покровными образованиями находятся небольшие субвулканические интрузии габбро-диоритов, монзонитов, долеритов, базальтов.

В пределах Охотско-Чукотского пояса предполагается проявление и более позднего, неогенового и даже возможно раннеантропогенного, магматизма, выразившегося в образовании обособленных лавовых полей и субвулканических интрузий как среднего, так и кислого состава [21]. Тем не менее стабилизацию вулканического пояса связывают со среднепалеогеновой эпохой, что по времени отвечает позднегеосинклинальной стадии развития Анадырско-Корякской складчатой системы [94]. Между протекавшими в Охотской геосинклинали тектоническими процессами и образованием магматических комплексов ОЧВП наблюдаются отчетливые связи. Эпохам погружения в геосинклинальном тропе отвечают интенсивные лавовые излияния в вулканическом поясе, сопровождающиеся образованием разнообразных вулкано-структур. Проявление складчатости в соседних «охотидах» по времени совпадает с активизацией глыбовых подвижек в фундаменте вулканического пояса, сопровождающихся деформацией вулканических комплексов и образованием многочисленных интрузивных тел [21]. По мнению В. Ф. Белого и Н. А. Шилов [9], на протяжении по крайней мере 2000 км (между истоками рек Амгуэмы и Ини) отчетливо проявлена продольная зональность. По отношению к области кайнозойской складчатости они выделяют внешнюю и внутреннюю зоны пояса. Граница внешней и внутренней зон в плане имеет ступенчатый характер, обусловленный сочетанием непротяженных разломов северо-западного и протяженных (продольных) разломов северо-восточного простирания [71]. Вместе с тем к востоку и западу от указанных границ (Амгуэма-Иня) располагаются обширные вулканические поля, но в их пределах подобной зональности выявить не удается.

Металлогения рассматриваемого пояса определяется следующими факторами: мощным проявлением магматизма в течение длительного времени, разнообразным составом вулкано-плутонических формаций, многообразием условий образования и форм их залегания, широким развитием поствулканических гидротермальных процессов. В целом отмечаются черты сход-

ства как «охотид», так и «мезозоид» (при существенно ином возрасте рудопоявления и другом формационном их типе). Характерно проявление типичных низкотемпературных рудных формаций: золото-серебряной, ртутной и медноколчеданной, а также близкоповерхностной оловянной с сульфидами и редкометальной [21].

В. Ф. Белый и Н. А. Шило [9] так характеризуют основные черты историко-геологических закономерностей, присущих Охотско-Чукотскому вулканическому поясу (ОЧВП).

1. Возникновению ОЧВП предшествовало довольно длительное развитие морфоструктурного элемента типа вулканической дуги.

2. Формирование ОЧВП, как особой тектонической структуры, началось в апте, в условиях максимальной контрастности движений в зоне сочленения континентального блока мезозоид, испытавшего общую тенденцию к воздыманию, и геосинклинальной Корякско-Камчатской области, находившейся в стадии интенсивного прогибания.

3. Мощный наземный вулканизм, приведший к образованию структуры ОЧВП, распространился далеко за пределы доаптской «вулканической дуги», как вкост ее простираения (внешняя зона и новообразованная подзона внутренней зоны), так и вдоль тектонических нарушений, примыкающих к ней по простираению (фланги).

4. От структуры типа вулканической дуги данное сооружение отличается также формационными особенностями. Прежде всего тем, что в его строении отсутствует формация «зеленых туфов», широко развиты игнимбритовые поля больших объемов, очень важную роль играют гранитоиды.

5. Тектоническое положение и тесная пространственно-временная связь ОЧВП с Анадырско-Корякской системой области кайнозойской складчатости указывают на то, что он относится к структурам, которые ранее было предложено именовать краевыми вулканическими поясами.

### *Восточно-Сихотэ-Алинский вулканический пояс*

Восточно-Сихотэ-Алинский вулканический пояс протягивается от устья Амура до бухты Преображения на расстояние более 1500 км. Предполагается, что пояс продолжается и далее на север (по дну Охотского моря) и причленяется к структурам Охотско-Чукотского пояса. Ширина пояса достигает нескольких десятков километров [82].

Заложение пояса произошло в позднем сантоне на раннеорогенной стадии развития Сихотэ-Алинской складчатой системы, в непосредственной близости от завершающей свое геосинклинальное развитие талассогеосинклинали Симанто—Восточный Сахалин [80]. По мнению С. А. Салуна, Восточный

Сихотэ-Алинь представляет собой сложное и длительно развивающееся сооружение, характеризующееся наличием консолидированного и разбитого на блоки основания, сложенного образованиями геосинклинального комплекса и мощного вулканогенного чехла, в пределах которого сочетаются покровы, тектонические и вулканотектонические структуры геосинклинального комплекса.

Первые, еще маломощные вспышки субаэрального андезитового вулканизма произошли на рубеже коньякского и сантонского веков или в начале сантона. В кампанском веке вулканическая деятельность проявлялась в значительно более активной форме, и образовался широкий пояс вулканогенных пород. Состав продуктов вулканических извержений к этому времени становится существенно более кислым (дациты, дацито-липариты). Вдоль зон крупных разломов и в зонах, испытывающих интенсивное поднятие, сформировались крупные плутоны и интрузивные залежи гранодиоритов. С началом маастрихтского века на всей территории южной части проявились нисходящие движения, обусловившие накопление вулканитов андезитового и андезит-дацитового состава. Именно к этому моменту приурочено заложение другой, не менее крупной тектономагматической структуры — Западно-Сихотэ-Алинского вулканического пояса. На рубеже маастрихтского и датского веков вновь проявились восходящие движения, которые достигли максимального развития лишь в палеоцене. Эти движения по времени сопряжены с замыканием талассогеосинклинали Восточного Сахалина, тектоническая активность которой оказала существенное влияние на характер субаэрального вулканизма в области завершенной складчатости Сихотэ-Алиня.

Восходящие движения датского века особенно интенсивно проявились в западной и осевой зонах Сихотэ-Алинского синклинория, в пределах которых сформировались крупные плутоны гранитного состава, а по внешней кромке вулканического пояса возникли многочисленные интрузивно-купольные структуры. Одной из основных зон локализации гранитоидных интрузий стала зона Центрального Сихотэ-Алинского разлома. Датский век совпал с существенным сокращением «андезитовых прогибов», столь характерных для маастрихтского века, и, что наиболее важно, обособлением двух зон пояса, развитие которых пошло существенно разными путями. В восточной (внутренней) зоне проходило интенсивное образование кальдер, в которых продолжали накапливаться лавы и туфы липаритового состава. В западной (внешней) зоне формировались преимущественно интрузивно-купольные структуры.

В эоцене как по новообразованным, так и по возобновленным разломам произошли крупные излияния базальтов. Наиболее интенсивно вулканическая деятельность проявилась в

пределах северной части Восточно-Сихотэ-Алинского вулканического пояса. В это время во внешней зоне вулканического пояса произошли многочисленные, хотя и небольшие по масштабу, излияния липаритов, сопровождавшиеся формированием интрузивно- и экструзивно-купольных структур. Во внутренней зоне, испытывавшей тенденцию к погружению, накапливались вулканы андезито-дацито-туфогенной формации, переслаивающиеся с туффитами, диатомитами, туфоаргиллитами.

Начало неогенового периода ознаменовалось мощной вспышкой базальтового вулканизма. В течение раннего и среднего миоцена в пределах пояса во внутренней его зоне, непосредственно соприкасающейся с интенсивно погружающимся Япономорским массивом, излияния базальтов происходили практически повсеместно и непрерывно. Во внешней зоне пояса мощные толщи базальтов и туфов локализовались в крупных грабенообразных, унаследованных или новообразованных структурах субширотного или северо-западного простираний.

В позднем миоцене и раннем плиоцене вулканическая деятельность в пределах пояса заметно сократилась, локализовавшись в отдельных небольших по площади его участках. В это время формируются главным образом вулканогенные и вулканогенно-осадочные толщи основного состава. Наиболее поздние излияния базальтов и андезито-базальтов (плиоцен-плейстоцен), приурочены к северным районам пояса (Советская Гавань, побережье Татарского пролива и пр.).

Вулканическая деятельность четвертичного времени в пределах Сихотэ-Алиня проявилась в основном за пределами вулканического пояса. В это время формируются толщи щелочных базальтоидов (толеит-базальтоидная формация).

Рассматривая особенности металлогении Восточного Сихотэ-Алинского вулканического пояса, можно отметить, что металлогения этой крупной структуры характеризуется значительным разнообразием [35, 82]. Оно обусловлено сложными взаимоотношениями кислого и основного магматизма и не менее сложным блоковым ее строением. В пределах Центрального шва, с которым связаны позднемиоценовые и палеогеновые интрузии, преобладает высокотемпературная минерализация верхнемелового и позднеэоценового возраста. Зона Берегового шва, с характерными для нее неглубоко залегающими интрузиями основного состава, характеризуется преимущественным развитием рудопроявлений молибдена, меди, полиметаллов. Металлогения Водораздельной зоны определяется рудной минерализацией касситерит-сульфидной с переходами к полиметаллической формациям, а в более северных районах — эпitherмальной минерализацией [39, 76]. Последняя приурочена в основном к прогибам, с характерным проявлением андезито-

вого магматизма. В таких зонах появляется и ртутная минерализация. Олово и вольфрам локализуются в пределах поднятий и связаны с выходами кислых эффузивов и интрузий.

### *Вулканические пояса Камчатки*

Впервые понятие «вулканический пояс» было применено к линейным зонам вулканических Камчатки четвертичного возраста [18]. Здесь были выделены молодые наложенные вулканические пояса: Срединный и Восточный [22]. А. В. Горячев убедительно доказал, что и линейные зоны субаэральных вулканических Камчатки олигоцен-миоценового и миоцен-плиоценового возраста также принадлежат вулканическим поясам [28]. Опираясь на данные, полученные при среднемасштабном геологическом картировании, В. К. Дмитриева [31] показала, что на Камчатке существуют два основных типа вулканических поясов: вулканические пояса, приуроченные к границам сочленения разновозрастных складчатых областей, и вулканические пояса, возникшие по границам частных орогенных структур. К первому типу таких структур она относит Кинкильский и Восточно-Камчатский, ко второму — Срединный, Хапицкий и Ключевскую группу вулканов.

Восточно-Камчатский вулканический пояс расположен на границе смыкания Камчатских ларамид с современной геосинклинальной областью. Заложение пояса, очевидно, произошло в позднем олигоцене.

В Кинкильской вулкано-тектонической структуре вулканические процессы проявились в позднем мелу и палеоцене, но особенно бурно в эоцене, после чего практически прекратились.

Хапицкий вулканический пояс возник в палеогене по границе Центрально-Камчатского прогиба и Восточно-Камчатского поднятия. На границе этих же структур в плиоцен-четвертичное время образовалась Ключевская группа вулканов, расположенная несколько западнее Хапицкого вулканического пояса.

Срединный вулканический пояс расположен на границе блоков с различной глубиной погружения мелового фундамента и приурочен к длительно существовавшему шву — Центрально-Камчатскому разлому, который в собственно геосинклинальном этапе развития региона также был зоной повышенной проницаемости. Таким образом, пояс развивается в основном унаследованно и обнаруживает также очевидную и тесную связь с орогенными структурами. В палеогене активная вулканическая зона располагалась восточнее Срединного хребта, а в неогене и в четвертичное время она сместилась к западу, что нашло выражение в образовании современного вулканического хребта.

Заложение Восточно-Камчатского вулканического пояса произошло в познем олигоцене — раннем миоцене, вдоль Восточно-Камчатской шовной зоны. С этим этапом связано накопление мощной (более 2000 м) туфогенной андезитово-базальтовой формации (вилючинская и паратунская свиты). Судя по составу пород этих свит (туффиты и туфы основного и среднего состава, базальты, андезиты, песчаники, гравелиты, конгломераты, мелкие линзы угля), извержения носили бурный характер, причем эксплозивная деятельность центрального типа преобладала. В среднем миоцене после непродолжительного перерыва вулканическая деятельность вновь активизировалась. В период среднего миоцена — плиоцена была сформирована не менее мощная (2000 м) андезито-дацитовая формация (березовская свита, алнейская серия), представленная андезитами, дацитами, липаритами и их туфами, в меньшей мере базальтами, пирокластическими и туфогенно-осадочными породами. В плейстоцене, после некоторого затишья, вулканическая деятельность вновь активизировалась, проявившись мощными базальтово-андезитовыми извержениями центрального типа. В этот период была сформирована базальтово-андезитовая формация, сложенная андезитами, базальтами, в меньшей мере липаритами, дацитами, игнимбритами и туфами. В состав этой формации входит более 100 крупных вулканических построек, множество мелких шлако-лавовых конусов, экструзивные и субвулканические образования, а также продукты разрушения вулканических сооружений.

Срединный вулканический пояс заложился и начал развиваться в раннем палеоцене. Заложение пояса ознаменовалось мощной вспышкой андезитового вулканизма, проявившегося вдоль Центрально-Камчатской шовной зоны. В период раннего палеоцена — плиоцена накопилась довольно мощная толща вулканогенных пород, преимущественно среднего состава (андезитовая формация): андезиты и их туфы, базальты, дациты, липариты, пирокластические породы различного состава, игнимбиты, туффиты и туфопесчаники. Вулканическая деятельность в этот период не проявлялась постоянно и неизменно в пределах лишь одной шовной зоны. В палеоцене — раннем миоцене наиболее мощные извержения производили в 20—30 км восточнее современной осевой линии Срединного хребта Камчатки. Позднее, в олигоцене — плиоцене вулканическая активность сместилась к западу (в район современной центральной части Срединного хребта). Вулканы неогенового и четвертичного возраста, развитые в северной и южной частях зоны Центрально-Камчатского разлома, не образуют единого формационного тела. Это преимущественно маломощные пачки или разрозненные вулканические центры.

В. К. Дмитриева предлагает трактовку структурного положения уже известных и вновь выделенных вулканических поя-

сов полуострова, согласно которой вулканические пояса Камчатки приурочены либо к шовным зонам, проходящим по границам разновозрастных складчатых областей, либо к швам, разделяющим крупные орогенные структуры в пределах разновозрастных складчатых областей [31]. В шовных зонах, располагающихся по границе ларамийской складчатости, процессы вулканизма асинхронны и смещаются во времени с запада на восток (на западе вулканические процессы практически прекратились в эоцене, на востоке интенсивный вулканизм отмечается с конца олигоцена до настоящего времени). Во втором типе вулканических поясов вулканизм, наоборот, протекал синхронно, но проявился более бурно, что объясняется высокой и длительной неоднократно возобновлявшейся активностью Центрально-Камчатского разлома.

По мнению И. К. Волчанской, М. А. Фаворской и Д. И. Фрих-Хара [82], вулканические пояса Камчатки характеризуют следующие основные черты:

1) положение в пределах области верхнемеловой — палеогеновой завершённой складчатости, вдоль краевых швов, ограничивающих ее от структур типа рифта (последний сформировался под влиянием новообразованной в неоген — раннечетвертичное время геосинклинали);

2) общая тектоническая активность, сопровождающаяся увеличением количества разломов и усилением дифференциального движения блоков по сравнению с геосинклинальным периодом;

3) существенная роль разломов, секущих по отношению к простиранию пояса и обуславливающих его поперечную зональность;

4) несогласное налегание отложений вулканического пояса на все более древние образования;

5) существенно кислый характер продуктов магматизма на первых этапах развития вулканического пояса, со сменой эффузивной деятельности внедрением приповерхностных интрузий, комагматичных эффузивам;

6) постепенное увеличение базальтоидных расплавов по мере развития описываемых структур и приуроченность основного вулканизма к блокам, испытывавшим погружение;

7) структурная разобщенность кислых и основных магматических проявлений и наличие периодов одновременного поступления на поверхность основных и кислых расплавов;

8) приуроченность кислых эффузивов и интрузий к блокам, испытывавшим воздымание;

9) отсутствие существенных различий в металлогенической характеристике неоген-четвертичного пояса Камчатки, определяющейся рудопроявлениями меди, молибдена и других металлов, от таковой геосинклинального периода развития этой территории.

Металлогению вулканических поясов Камчатки в общих чертах характеризуют: 1) тесная связь медно-молибденовой и эпитермальной минерализации с формацией миоценовых гранитов и 2) широкое развитие гидротермально измененных пород, сопровождающих интрузии и дайки формации верхнеплиоцен — раннечетвертичных гранодиорит-порфиров, которые характеризуются медно-молибденовой среднетемпературной минерализацией прожилково-вкрапленного типа, с эпитермальной и низкотемпературной полиметаллической специализацией.

### *Общие особенности магматизма, тектоники и металлогении*

Магматизм вулканических поясов характеризуется следующими общими особенностями [82]: 1) существенно кислым характером вулканизма, сопровождающимся накоплением мощных толщ игнимбритов и туфов на первых этапах развития вулканических поясов, со сменой эффузивной деятельности внедрением приповерхностных интрузий, комагматичных эффузивам; 2) постепенным увеличением роли базальтоидных расплавов по мере развития описываемых структур; 3) структурной разобщенностью кислых и основных магматических проявлений и наличием периодов одновременного поступления на поверхность основных и кислых расплавов; 4) зависимостью характера и господствующего состава магматизма на первых стадиях развития пояса от предыстории структур фундамента.

Для вулканогенных толщ, слагающих пояса, весьма характерна пространственная разобщенность деформаций различного типа. Здесь участки заметно деформированных покровов и потоков развиты локально и чередуются с площадями, на которых вулканы слабонарушены и залегают практически горизонтально. Особенно отчетливо эта особенность тектоники поясов проявляется на участках внедрения крупных субвулканических массивов, с которыми нередко связаны явления диапиризма, подчеркивающие, что деформации в пределах структурных комплексов имеют главным образом магматическое происхождение и не связаны со складкообразовательными процессами. Вместе с тем образование наиболее крупных структур вулканических поясов трудно представить без участия чисто тектонических факторов. В пределах поясов могут быть выделены структуры, образование которых в большей степени связано с магматической (вулканической) деятельностью, а также с тектоно-магматической активизацией отдельных их участков и всей территории поясов в целом.

Среди вулcano-тектонических структур выделяются элементарные, характеризующиеся сравнительно небольшими разме-

рами и относительно небольшой длительностью существования, и сложные, предусматривающие совокупность элементарных, характеризующиеся значительными размерами и длительным развитием структур [8]. В образовании элементарных структур основную роль играют вулканические факторы. По мере увеличения их размеров и сложности возрастает контролирующая роль тектонических факторов. Наиболее распространенными элементарными вулкано-тектоническими структурами являются кальдеры проседания и вулкано-купольные структуры. Кальдеры проседания (или обрушения), образующиеся вследствие оседания кровли близповерхностных магматических очагов, представляют собой изометричные мульдообразные образования размером от первых километров до 30—40 км в поперечнике. Главными факторами, контролирующими образование кальдер, являются энергия периферического очага и вес вулканической постройки. Кальдера возникает на месте погружающегося вулканического сооружения, состоящего из одного крупного или нескольких сближенных вулканов. Кальдеры, как правило, ограничены кольцевыми или дугообразными разломами, часто ступенчатыми, с центриклинальным падением плоскостей сместителей.

3080 Вулкано-купольные (интрузивно-купольные) структуры представляют собой куполовидное образование, возникшее вследствие давления внедряющихся экструзий (или субвулканических интрузий) на вмещающие их породы, сформированные в ходе предшествующих стадий вулканической деятельности или в процессе геосинклинального развития территории.

Интрузивно-купольные структуры имеют в плане изометричную округлую (или овальную) форму. Размер их обычно не превышает 10—30 км по длинной и 10—20 км по короткой оси. В центральной части структуры обычно расположены штокообразные (от 2 до 5 км в поперечнике) гипабиссальные или субвулканические интрузивные тела. «Облекающие» интрузивное ядро вулканы падают периклинально под углами 15—40°. Вулканоструктуры, как правило, осложнены многочисленными разрывными нарушениями. Обычно они группируются в две основные системы: систему кольцевых сбросов и систему радиальных сбросо-сдвигов. Сбросы и сбросо-сдвиги обычно крутопадающие (плоскости сместителей кольцевых сбросов ориентированы периклинально), с амплитудой вертикального перемещения от нескольких десятков до нескольких сотен метров. Обе системы разломов в процессе формирования вулкано-тектонических структур так или иначе приоткрываются и используются для проникновения экструзивных лавовых образований. Интрузивно-купольные структуры довольно четко выражаются в современном рельефе, достигая относительной высоты 500—800 м (за счет армирующего воздействия центрального интрузивного штока). Купольные поднятия такого рода

нередко огибаются долинами рек, являющимися надежными индикаторами их местоположения.

К сложным вулкано-тектоническим структурам, с определенной долей условности, могут быть отнесены компенсационные структуры, состоящие из ряда элементарных вулканоструктур: просядок, кальдер, куполов, вулканоструктур линейного типа (горстов или грабенов).

В металлогеническом отношении вулканические пояса представляют собой крупные рудоносные провинции, характеризующиеся [58] развитием вполне определенных типов эндогенной минерализации, среди которых ведущее значение принадлежит медно-порфировой, турмалин-халькопиритовой, сульфидно-касситеритовой, полиметаллической с серебром и золотом и эпитеpmальной золото-серебряной рудным формациям [58].

Месторождения этих формаций характеризуются следующими особенностями:

1) имеют тесную связь с континентальными вулканическими и вулкано-интрузивными комплексами кислых и средних — субщелочных пород, образованных в условиях консолидированной земной коры в связи с широким развитием разломов;

2) характеризуются незначительным разрывом во времени между рудообразующими процессами, приведшими к образованию месторождений, и завершающей стадией вулканической деятельности;

3) в локализации оруденения большое значение имеют структуры вулканического происхождения, где руды приурочены к полям разгрузки напорных гидротермальных систем вулканических кальдер или к зонам крупных разломов купольных поднятий, вмещающих близповерхностные интрузивы;

4) оруденение формируется в условиях малых глубин и характеризуется в общем случае многостадийным характером образования, когда продуктивные стадии минерализации проявляются в условиях умеренных температур порядка 250—150° С.

5) структуры рудных полей характеризуются часто сложными штокверкообразными телами прожилковых и прожилково-вкрапленных руд и сложными жильными системами, приуроченными к жерлам вулканических аппаратов.

## ЛАНДШАФТЫ ВУЛКАНИЧЕСКИХ ПОЯСОВ

Возможности дешифрирования во многом определяются ландшафтными условиями, причем рельеф нередко выступает в роли главного, определяющего фактора.

Ниже рассматривается строение поверхности вулканических поясов и геондицирующие свойства основных экзоген-

ных компонентов ландшафта. Выявление и описание наиболее важных маскирующих и демаскирующих свойств ландшафта имеет важное значение, поскольку эти сведения существенно облегчают использование косвенных признаков дешифрирования, от правильного применения которых во многом зависит успех фотогологического анализа.

### Рельеф

В пределах Охотско-Чукотской области различают Сунтаро-Куветскую и Айвано-Ульинскую лавовые подобласти.

*Сунтаро-Куветская* подобласть лавовых нагорий в рельефе области занимает господствующее положение и состоит из ряда нагорий. Самое высшее из них — Сунтар-Хаята (2000 м), являющееся центром древнего и современного оледенения и характеризуется резко выраженным альпинотипным рельефом. Для многих нагорий этой подобласти характерно интенсивное расчленение плоских вершинных поверхностей. Высота нагорий к северо-востоку уменьшается (1600—1800 м), но благодаря снижению уровня фирновых линий плейстоценовых оледенений в том же направлении альпинотипный характер рельефа сохраняется.

*Айвано-Ульинская* подобласть низких лавовых плоскогорий состоит из Эгвекинотского, Анадырского и Ульинского плоскогорий. Плоскогорья располагаются ниже снеговых границ, поэтому ледниковая экзарация здесь проявлена в значительно меньшей степени. Водораздельные пространства чаще всего широкие, со значительными участками плоских поверхностей. Отмечаются отдельные гряды и горные группы. Монотонность рельефа нарушается долинами рек, впадин и депрессий.

Рельеф Охотско-Чукотской области в целом характеризуется ступенчатым строением. Наиболее высокая его ступень — лавовые нагорья Сунтаро-Куветской подобласти, средняя — плоскогорья Айвано-Ульинской подобласти, наиболее низкая — Пенжино-Анадырская низина и Ямо-Тауйская депрессия.

Сихотэ-Алинь — главный орографический элемент Приморья. Он представляет собой систему хребтов, протягивающихся параллельно берегу Японского моря. По абсолютным высотам и формам рельефа хребет относится к среднегорью. Горные вершины нигде не достигают снеговой линии. Главный водораздел протягивается в северо-восточном направлении вдоль побережья Японского моря и имеет извилистые очертания; абсолютные отметки вершин 900—1600 м, перевалов 450—700 м. Восточный склон шириной 50—100 км состоит из серии коротких сильно расчлененных хребтов. В северной и южной частях восточного склона развиты базальтовые плато (Самаргинское, Зевинское, Шкотовское). Характерны пло-

ские, столообразные водоразделы и узкие, каньонообразные долины. Центральный Сихотэ-Алинь расположен к северо-западу от главного водораздела. Абсолютные высоты достигают 1800 м. Западный Сихотэ-Алинь состоит из хребтов северо-восточного простираения. Высоты хребтов не превышают 1000 м. Склоны гор более пологие по сравнению с Центральным Сихотэ-Алинём или его восточным склоном. Характерны мощные делювиальные шлейфы подножий. Наряду с хребтами развиты межгорные впадины.

Вулканические пояса Камчатки орографически выражены Срединным и Восточным хребтами и цепью молодых и современных вулканов (Восточный вулканический район).

Срединный хребет представляет собой совокупность хребтов более низких рангов, обособленных вершин, отдельных горных массивов, вулканических плато, которые распространяются иногда далеко в стороену от главного его водораздела. Западный склон хребта значительно более пологий, чем восточный. Морфологически хребет делится на две неравные части: южную и северную (границей служат долины рек Ичи и Большой Кимитиной). В южной части абсолютные высоты хребта достигают 1500—2000 м. Северная часть представляет собой сложно построенное вулканическое сооружение с абсолютными высотами 1200—1900 м. Севернее 56° с.ш. водораздел переходит в почти ровную поверхность с абсолютными высотами 900—1100 м. Примерно на широте 57° с.ш. к хребту с запада причленяются цепи сильно разрушенных вулканов с высотами 1300—1500 м. От горы Алней к северу почти до р. Паланы располагается ряд вулканов: Алней, Черная, Кэбейная, Шишель и др. Слияясь основаниями, вулканы образуют типичный вулканический хребет. С запада и с востока к нему причленяются обширные платообразные поверхности с высотами 700—1100 м. Заканчивается Срединный хребет несколько севернее 60° с.ш.

Восточный хребет состоит из ряда второстепенных хребтов — Ганальского, Валагинского, Тумрока и Кумроча, которые кулисообразно сменяя друг друга, протягиваются в северо-восточном направлении более чем на 600 км. Ширина хребта 30—50 км, средняя высота 1200—1500 м. Восточный хребет, как и Срединный, также имеет асимметричное строение: западные его склоны уже и круче, чем восточные, обращенные в сторону океана.

Восточный вулканический район простирается широкой (до 80 км) полосой вдоль восточного побережья Камчатки от мыса Лопатки до вулкана Шивелуча на расстояние около 600 км. Морфология района определяется четвертичным вулканизмом (район является естественным продолжением Курильской гряды вулканов). Наиболее характерные формы рельефа: вулканы в виде куполообразных холмов, хребтооб-

разные массивы, усеченные или идеально правильные конусы, кальдеры, вулканические плато («долы»). Южная часть района, до широты Петропавловска-Камчатского, представляет собой вулканическое нагорье. На широте г. Петропавловска-Камчатского вулканический рельеф прерван впадиной долины р. Авачи, характеризующейся плоско-холмистым рельефом. Севернее этой впадины вплоть до оз. Кроноцкого расположена средняя часть района. Здесь еще более отчетливо выделяются возвышенные плато (нагорья) с высотами 1200—1500 м. Над плато поднимаются вулканы, относительные высоты которых достигают 800—2500 м. Поверхность плато наклонена в сторону Тихого океана и интенсивно расчленена долинами рек. Далее к северу вулканический район пересекает Восточный хребет и переходит в Центральную Камчатскую низменность. Именно здесь расположена знаменитая Ключевская группа вулканов, из двенадцати вулканов которой четыре являются действующими. К северу от Ключевской группы вулканов располагается действующий вулкан Шивелуч.

Курильские острова в орографическом отношении являются либо одиночными вулканами, либо вулканическими горными массивами, которые находятся на подводных горных хребтах: Внутреннем и Внешнем. Внутренний хребет соответствует Большой Курильской гряде, Внешний хребет (в надводной своей части) — Малой Курильской гряде. Длина Курильской горной системы достигает 1250 км при ширине в южной части 220 км, в средней 110 км и в северной 155 км. На Курильских островах известно около 85 вулканов, из них 40 действующих. Вулканический рельеф занимает не менее половины площади на крупных островах и целиком характеризует мелкие острова гряды. Среди этого рельефа выделяют высокогорный (2000 м), среднегорный (1000—2000 м) и низкогорный (400—1000 м).

Итак, в пределах вулканических поясов Дальнего Востока можно различить три основных типа ландшафта: 1) ландшафты активной вулканической деятельности; 2) ландшафты угасшей вулканической деятельности и 3) новообразованные ландшафты.

К ландшафтам активной вулканической деятельности относятся пространства, в пределах которых вулканические образования еще продолжают свой рост и могут даже возникать новые центры активности, изменяя тем самым морфологические черты местности [109]. Такие ландшафты широко развиты на Камчатке и островах Большой Курильской гряды.

Среди ландшафтов данного типа различаются два подтипа: действующих вулканов и недавно сформированных вулканических образований. В каждом таком подтипе выделяются следующие разновидности ландшафтов: стратовулканов, шлаковых и шлаково-лавовых конусов, щитовых вулканов, экстр-

рузивных куполов, кальдер, мааров, отдельных лавовых потоков, лавовых равнин и др.

Для ландшафтов активной вулканической деятельности характерно двухъярусное строение рельефа: нижний ярус занимают вулканогенные и невулканогенные формы рельефа, верхний — положительные вулканические формы рельефа, которые, как правило, еще не претерпели разрушительного воздействия денудации. Возраст аккумулятивного вулканического рельефа в ландшафтах такого типа обычно соответствует возрасту формирования вулканического образования. Аккумулятивные формы рельефа свежи и легко распознаются на местности.

Территории, занятые ландшафтами такого типа, характеризуются высокой степенью геологической дешифрируемости, чему в немалой степени способствуют закономерные связи, существующие между продуктами вулканической деятельности и формами их локализации на дневной поверхности. Они хорошо видны и на материалах аэрофотосъемки и на некоторых КС [30]. Не снижают степени дешифрируемости и новейшие тектонические движения, которые в данном случае проявляются умеренно, в виде различного рода опусканий.

К ландшафтам угасшей вулканической деятельности относятся пространства, в пределах которых «...вулканические формы носят реликтовый характер: они еще выражены в рельефе и могут даже играть доминирующую роль в ландшафте, но уже прекратили свой рост, так как отвердевшая в питавших их очагах магма перестала доставлять на поверхность новый строительный материал. Вулканические формы, наоборот, постепенно разрушаются совокупным воздействием на них экзогенных факторов, создавая руины вулканов, а в более поздних стадиях этого регрессивного развития и совсем исчезают. На смену им обнажаются на поверхности глубокие подземные части вулканических аппаратов (дайки, некки, батолиты), но они играют лишь пассивную роль в последующих изменениях рельефа, благодаря избирательной денудации. Таким образом, в динамике этого ландшафта вулканические силы часто не играют уже никакой роли или проявляются в ослабленной форме в виде так называемых поствулканических явлений». [109, с.]

Ландшафты угасшей вулканической деятельности распространены весьма широко и характеризуют значительные по площади участки территорий на Камчатке, в Корьякии, на Чукотке и на некоторых островах Малой Курильской гряды. И. В. Мелекесцев называет рельеф, развитый в пределах этих пространств, денудационно-вулканическим. Он отмечает, что для рельефа данного типа весьма характерно сочетание элементов первичного вулканического рельефа и форм, созданных как эндогенными, так и экзогенными процессами [43].

В пределах ландшафтов с угасшей вулканической деятельностью, выделяются такие их разновидности, как в разной степени разрушенные постройки стратовулканов, щитовых и щитообразных вулканов, шлаковые и лавовые конусы, туфо-игнимбритовые покровы, экструзивные куполы, лавовые плато и др. Для рельефа этого типа характерно несовпадение возраста его форм и возраста слагающих их пород.

Вулканические формы в большинстве случаев достаточно уверенно распознаются на материалах аэрофотосъемки и на некоторых космических снимках (КС). Но в тех случаях, когда первичные формы почти полностью разрушены, дешифрирование осуществляется с большим трудом. В пределах ландшафтов с угасшей вулканической деятельностью широко развиты не только экзарационные, но и аккумулятивные ледниковые формы, нередко маскирующие геологическое строение. Геологическая дешифрируемость территорий, занятых ландшафтами такого типа, оценивается на порядок ниже, нежели в первом случае.

К новообразованным ландшафтам отнесены пространства вулканических поясов, почти нацело утратившие первичный вулканический рельеф и продолжающие развиваться по существу иному плану.

Новообразованные ландшафты широко развиты на территории вулканических поясов Советского Дальнего Востока. Здесь выделяются эрозионно-денудационный рельеф низко- и среднегорий, альпинотипный рельеф и настоящий альпийский рельеф высокогорий. В субарктической зоне, где широко развита многолетняя мерзлота, активно участвующая в моделировании форм рельефа, выделяются, кроме того, криогенно-денудационные типы рельефа низких и средневысотных гор.

Альпийский рельеф характеризуется широким развитием скальных гребней, карлингов, каров, ледниковых цирков и трогов. Склоны обычно крутые, обвально-осыпные. Много ледников и снежников, морен. Альпинотипный рельеф во многом сходен с первым, но менее контрастен. Здесь встречаются не только гребневидные, но и узкие водоразделы. Склоны преимущественно осыпные и обвально-осыпные.

Эрозионно-денудационный рельеф среднегорий характеризуется интенсивным расчленением поверхности, крутыми осыпными склонами, узкими водоразделами. В его пределах интенсивно протекают процессы эрозии и дефлюкации.

Криогенно-денудационный тип рельефа низко- и среднегорий арктики и субарктики весьма широко распространен в Охотско-Чукотском поясе, частично и на Камчатке. Для него характерны уплощенные водоразделы, пологие выпуклого или вогнутого профиля склоны (иногда ступенчатые), активное проявление солифлюкции, заболачивание больших участков междуречий.

Охотско-Чукотская область располагается в зоне отрицательных среднегодовых температур (среднегодовая температура не поднимается выше  $-3,2^{\circ}\text{C}$ ). Зимы суровые. Лето короткое и относительно теплое. Часть территории избыточно увлажнена за счет низких температур (малого испарения), количество осадков возрастает с высотой рельефа, например, на ст. Сунтар-Хаята оно составляет 700 мм. На побережьях господствует муссонная циркуляция воздуха. Бризовые ветры на Охотском побережье приносят летом туманы и мелкие моросящие дожди. Многолетняя мерзлота, связанная с суровыми климатическими условиями территории, является одним из очень важных компонентов субарктических ландшафтов. На большей части территории горные породы имеют весь год отрицательную температуру. Глубина сезонного протаивания грунтов не превышает 0,8—1,8 м.

Сихотэ-Алинь располагается в области восточно-азиатских муссонов. Зима суровая, сухая, с сильными морозами, безоблачная. Лето облачное, с большим количеством осадков. Весна затяжная, холодная. Осень ясная, теплая, сухая. Сильные морозы и невысокий снежный покров содействуют сильному промерзанию почвы. На северных склонах гор и в глубоких долинах сезонная мерзлота сохраняется до середины июля.

Климатические условия на Камчатке резко меняются по широте и с высотой местности. Во внутренней части полуострова климат близок к континентальному. Воздух над Камчаткой характеризуется высокой (до 80%) относительной влажностью, которая мало меняется в течение года. Лето короткое, холодное и дождливое. Зима продолжительная, но относительно мягкая, с устойчивым снежным покровом и сильными метелями. Весна и осень короткие, с неустойчивой погодой. Характерно обилие туманов. Мощность сезонно промерзающего слоя колеблется в пределах 0,1—3,0 м. Широко развито современное горно-долинное оледенение (реликт древнего оледенения). Современный климат не способствует развитию многолетнемерзлых пород. Они распространены в пределах полуострова отдельными пятнами (островная мерзлота).

Климат Курильских островов типично морской, но относительно суровый для данных широт. Он характеризуется большим количеством атмосферных осадков, умеренно холодной зимой и сравнительно прохладным летом, сильными ветрами и метелями, частыми туманами. Выделяются два основных климатических района: северный и южный (границей служит перешеек Ветровой на о. Итуруп). Климат северных Курильских островов более суров, чем южных. Характерно резкое изменение погодных условий в течение года, времен года и даже в отдельные дни и часы.

В Охотско-Чукотской области для большинства почв характерна малая мощность почвенного профиля, большая кислотность и бедность органическими и минеральными веществами. Наиболее распространены тундровые, горно-тундровые и лесные почвы. Толщина тундрового слоя почв едва достигает 20—30 см. Горно-тундровые почвы почти не содержат перегноя — лишайниковая растительность с полуразложившимися остатками лежит непосредственно на крупнообломочных древесно-щебнистых образованиях. В лесной зоне развиты преимущественно кислые таежные почвы. Мощность их даже в самых благоприятных местах не превышает 30—35 см. Подзолистые почвы отмечаются лишь на северном побережье Охотского моря. Кроме перечисленных типов почв отмечаются торфяно-болотные, горные, лугостепные, щебнистые и дерново-луговые аллювиальные (в поймах рек).

В пределах Сихотэ-Алиня развиты преимущественно горные почвы. Они образуются из глинистых кор выветривания в условиях высокой увлажненности при значительном прогревании. Для горных почв характерен подзолистый тип, характеризующийся структурностью, высокой гумусностью, благоприятным водным режимом (наличие щебня), высоким содержанием азота и кальция.

На Камчатке распространены преимущественно дерновые почвы. Менее развиты болотные, охристо-подзолистые и другие типы. Существенную роль в процессе почвообразования играют вулканические пеплы, участвующие в образовании сложного хорошо слоистого почвенно-пирокластического чехла.

На Курильских островах наиболее преобладают дерново-подзолистые грубо гумусовые почвы, особенно под лесным покровом. Под травянистой растительностью образуются дерново-луговые почвы мощностью от 1 до 1,5 м с гумусовым слоем 30—40 см. На участках с близким расположением к поверхности водоупора развиваются торфяно-болотные почвы, на горных склонах — неразвитые почвы с преобладанием темно-серых каменистых песков и супесей.

### *Растительность*

В Охотско-Чукотской области суровость температурного режима территории вызывает отклонение к югу северных границ многих растений. Гористость большей части территории приводит к широкому развитию вертикальной зональности, а невысокие летние температуры обуславливают низкое положение вертикальной границы леса (рис. 1). Отчетливо прослеживается следующий вертикальный ряд: лиственное редколесье, пояс горных (лишайниковых) тундр, пояс

альпийских пустынь (гольцовый пояс). С низкими летними температурами и наличием многолетнемерзлых пород связано избыточное увлажнение деятельного слоя, что приводит к интенсивному заболачиванию поверхности.



Рис. 1. Древесно-кустарниковая растительность субарктической зоны, маскирующая геологическое строение в придолинных частях междуречий. Район горы Чехма. Пенжинский сектор ОЧВП. Фото Н. С. Кулешовой

Сихотэ-Алиню свойственно смешение холодостойкой охотской и теплолюбивой манчжурской флор (первая преобладает в северных районах, вторая в южных). На севере преимущественно елово-пихтовые леса, по мере продвижения на юг возрастает роль широколиственных. К югу от зоны тайги основной фон составляют кедрово-широколиственные леса (зона смешанных лесов).

На распределении растительности территории Камчатки сказываются как климатические особенности полуострова, так и орографические. Наиболее представительным растительным компонентом камчатских ландшафтов является каменная береза. Леса из каменной березы занимают в основном предгорную зону и нижние части склонов горных хребтов и отдельных возвышенностей. В верхнем поясе они сменяются кустарниковыми зарослями кедрового и ольхового стланика. В средней части полуострова они занимают склоны гор от 700—800 до 1100—1200 м, на юге до 1280 м, а на севере снижаются до уровня моря. Выше пояса стлаников следуют альпийские луга и горные тундры. Обычно начиная с высоты 1400—1500 м развиты голые скалы и каменные россыпи, на

которых растет преимущественно камнеломка. Вершины многих гор покрыты ледниками и снежниками.

В пределах территории Курильских островов по характеру растительности выделяются четыре района: Северо-Курильский, Средне-Курильский, Южно-Курильский и Малой Курильской гряды.

Северо-Курильский район характеризуется отсутствием лесов и широким развитием густых зарослей кедрового стланика и ольхи с верещатником. В долинах рек преобладает высокотравье. Склоны гор выше 600—700 м покрыты несомкнутым травяным покровом.

Средне-Курильский район характеризуется господством березовых лесов с широким развитием курильского бамбука.

Южно-Курильский район характеризуют темнохвойные и смешанные леса с большим количеством южных элементов флоры.

На островах Малой Курильской гряды кедровой стланик замещен можжевельником Саржента. Встречается бамбук.

Растительность островов образует ряд высотных поясов: пояс широколиственных лесов — 200—400 м, темнохвойных лесов — 500—600 м, кедро-каменноберезняков — 400—600 м, верещатников и гольцов — свыше 700—800 м.

### *Геоиндицирующие свойства компонентов ландшафта*

Перечисленные типы ландшафтов достаточно хорошо опознаются на АС и КС. Однако геологическое дешифрирование в пределах этих типов рельефа осуществляется по-разному.

В пределах альпийского, альпинотипного и эрозионно-денудационного типов рельефа условия дешифрирования наименее благоприятны, так как энергия склоновых процессов настолько велика, что даже существенные различия в проявлении селективной денудации литогенной основы нивелируются.

В противоположность этим трем типам ландшафтов среднегорный криогенно-денудационный рельеф создает наиболее благоприятные условия для дешифрирования геологического строения вулканических поясов: водоразделы и приводораздельные пространства имеют достаточно обширные каменистые поверхности, лишенные почвенно-растительного слоя. Склоны достаточно обнажены и хорошо отражают геологическое строение конкретных участков.

Совсем иные условия дешифрирования создаются в пределах криогенно-денудационных низкогорий. Здесь пологие склоны и широкие плавных очертаний водоразделы почти полностью перекрыты чехлом рыхлых образований, облесены и задернованы. Геологическое строение с большим трудом расшифровывается с помощью косвенных признаков, которые в этих условиях далеко не всегда надежны.

Новообразованные ландшафты вулканических поясов нередко содержат «острова» реликтового вулканического рельефа, выражающиеся в виде плато, или серии плосковерхих, разрозненных хребтов, сохранивших в значительной степени редуцированный вулканический рельеф. На таких участках дешифрирование наиболее эффективно.

Помимо рельефа на специфику и эффективность геологического дешифрирования существенное влияние оказывают такие природные факторы, как климатические особенности, характер и степень сомкнутости растительного покрова, степень увлажненности поверхности, а также культурный элемент ландшафта. Остановимся на характеристике геоиндицирующих свойств этих основных экзогенных компонентов ландшафта.

Климатические условия территории в целом мало способствуют успеху дешифрирования. Явление переувлажнения и заболачивания значительных участков междуречий приводит к тому, что различия во влагонасыщенности (полевой влагемкости) коренных пород усредняются и, следовательно, тональные изменения фотоизображения этих объектов нивелируются. Вместе с тем в субарктической зоне, в приводораздельном комплексе форм рельефа мерзлотного генезиса, создаются условия для опознания участков и зон гидротермально измененных пород с помощью аномального проявления мелкоземного солифлюксия, являющегося в этих условиях надежным признаком — индикатором этих объектов.

Растительность, как и климат, также не содействует успеху дешифрирования. В пределах Охотско-Чукотского пояса она в какой-то мере затрудняет дешифрирование геологического строения лишь в придолинных частях междуречий. На Камчатке и островах Курильской гряды склоны междуречий до зоны широкого развития стланика практически не дешифрируются из-за мощного развития древесно-кустарниковой растительности. Иногда кустарниковые сообщества (кустарничково-разнотравные) проявляют тенденцию к избирательному расселению, «избегая» каменистых поверхностей и «предпочитая» щебнистые, хорошо прогреваемые грунты. В таких случаях нередко проявляются самые разнообразные геологические объекты: слоистость, разломы и трещины, кварцевые жилы, зоны контактов и другие элементы строения. В этом отношении разомкнутое разнотравье и кустарнички проявляют явные демаскирующие свойства. Серьезные помехи дешифрированию создают темнохвойные и широколиственные леса, например Сихотэ-Алиня, интенсивно маскирующие геологическое строение. В зонах альпийских лугов и гольцовых гор разомкнутое разнотравье, мхи и лишайники почти не препятствуют дешифрированию геологических объектов. В областях современной вулканической деятельности отсутствие рас-

тельности является также фактором положительным, поскольку способствует более четкому выявлению пирокластических, лавовых, взрывных и других образований.

Ю. С. Толчельников [95], оценивая оптические свойства ландшафтов полярного пояса, пришел к выводу, что они определяются в основном отражательной способностью характерных для них моховых, лишайниковых, кустарничковых и кустарниковых видов растительности, а также особенностями их фациальной структуры. В целом тундровые ландшафты при их кажущейся монотонности обладают значительным разнообразием оптических свойств. По его мнению, наиболее широко здесь распространены ландшафты с доминированием неярких элементов (максимум отражения в зеленой зоне спектра и некоторый провал кривой коэффициентов спектральной яркости в зоне 660—680 нм) и элементы ландшафтов с покровом лишайников, имеющих более высокую отражательную способность. Наибольших значений контраст между элементами данного ландшафта достигает в зеленой и инфракрасной зонах спектра. Для лесных ландшафтов характерны средние яркости (кривые коэффициентов спектральной яркости обусловлены свойствами растительности и в летнее время характеризуются наличием максимумов в зеленой и инфракрасной частях спектра). При этом индивидуумы лесной растительности характеризуются резкими различиями в яркости, которые связаны с наличием освещенных и затененных элементов крон и промежутков между ними. Из-за малого проникновения света сквозь лесной полог промежутки между деревьями имеют низкую яркость и на АС изображаются темным пятном.

Почвы вулканических поясов, как и растительность, также не проявляют четких демаскирующих свойств и в целом как фактор геологической дешифрируемости являются нейтральными.

Широко развитые в пределах вулканических поясов тундровые, горно-тундровые и лесные почвы характеризуются малой мощностью почвенного профиля, большой кислотностью и бедностью минеральными веществами. Яркость минеральной части почв возрастает с уменьшением размеров составляющих их частиц. В условиях криогенно-денудационных среднегорий аномальный мелкоземный солифлюксий (признак — индикатор гидротермально измененных пород), развивающийся в приводораздельном комплексе форм рельефа, обладает повышенной отражательной способностью, что на черно-белых АС находит выражение в наиболее светлых оттенках фототона. Ю. С. Толчельников подчеркивает, что наибольшие яркостные различия почв наблюдаются в красной зоне спектра. Поэтому пространства, лишенные растительности, целесообразно дешифрировать с применением черно-белых АС, изготовленных с панхроматических аэропленок, экспонированных с использованием

Геологические объекты		Основные					
		Формы рельефа					
		макро-	мезо-	микро-	нано-		
Горные породы	Элементарные обособления (слои, линзы, дайки, жилы и др.)	Рыхлые и уплотненные	Вулканогенные	-	+	+	+
			Вулканогенно-осадочные	-	+	+	-
			Осадочные	-	+	+	-
	Плотные (скальные)	Осадочные	-	-	+	-	
		Вулканогенно-осадочные и вулканогенные	-	-	+	-	
		Интрузивные	-	+	+	-	
		Метаморфические	-	-	+	+	
		Метасоматические	-	-	+	+	
	Комплексные обособления (серии, свиты, толщи, ярусы и др.)	Рыхлые и уплотненные	Вулканогенные	-	+	+	+
			Вулканогенно-осадочные	-	+	+	-
			Осадочные	-	+	+	-
		Плотные (скальные)	Осадочные	+	+	-	-
			Вулканогенно-осадочные и вулканогенные	+	+	-	-
			Интрузивные	+	+	-	-
Метаморфические			+	+	-	-	
Метасоматические			-	+	-	-	

и их отображение\* в ландшафте

ландшафты								
Гидрографическая сеть		Типы растительности			Типы почв			
речная	временные ложбины стока	древесно-кустарниковая	кустарничково-травяная	мохово-лишайниковая	тундровые	горно-тундровые	лесные	равнинные
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	+	+	+	+	+	+	+	+
-	+	+	+	+	+	+	+	+
+	+	+	+	+	+	+	+	+
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	+	-	+	+	-	+	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	+	+	+	+	+	+	+
+	-	+	+	+	-	-	-	-
+	-	+	+	+	-	-	-	-
+	-	+	+	+	-	-	-	-
+	-	+	+	+	-	-	-	-
+	-	+	+	+	-	-	-	-

Геологические объекты		Основные					
		Формы рельефа					
		макро-	мезо-	микро-	нано-		
Горные породы	Границы картируемых комплексов пород	Рыхлые и уплотненные	Вулканогенные	-	-	+	-
		Вулканогенно-осадочные	-	-	+	-	
		Осадочные	-	-	+	-	
	Плотные (скальные)	Осадочные	-	+	+	-	
		Вулканогенно-осадочные	+	+	+	-	
		Вулканогенные	+	+	+	-	
		Интрузивные	-	+	+	+	
		Метаморфические	-	+	+	-	
		Метасоматические	-	-	+	+	
		Элементы тектоники	Складки, флексуры	Крупные	+	+	-
Средние	-			+	-	-	
Мелкие	-			-	+	-	
Разрывные нарушения	Крупнейшие		+	+	-	-	
	Очень крупные		-	+	+	-	
	Крупные		-	+	+	-	

ландшафты									
Гидрографическая сеть		Типы растительности			Типы почв				
речная	временные ложбины стока	дресно-кустарниковая	кустарничково-травяная	мохово-лишайниковая	тундровые	горно-тундровые	лесные	равнинные	
-	+	+	+	+	-	-	-	-	
-	-	+	+	+	-	-	-	-	
-	-	+	+	+	+	+	+	+	
+	-	+	-	-	+	+	-	+	
+	-	+	+	+	+	+	-	-	
+	+	+	+	+	+	+	-	+	
+	-	-	-	+	+	+	-	-	
-	+	-	+	+	+	+	-	-	
+	-	+	-	-	+	+	-	+	
+	+	+	+	-	+	+	-	+	
-	+	-	+	+	-	-	-	-	
+	-	+	-	-	+	+	+	+	
+	-	+	-	-	+	+	+	+	
+	-	+	-	-	+	+	+	+	

Геологические объекты		Основные					
		Формы рельефа					
		мега-	мезо-	микро-	нано-		
Горные породы	Элементы тектоники	Разрывные нарушения	Средние	-	+	+	-
			Мелкие	-	-	+	+
	Вулкано-тектонические структуры	Сложные	+	-	-	-	
		Элементарные	-	+	-	-	
	Неотектонические структуры	Участки поднятий	+	-	-	-	
		Участки стабилизации	+	-	-	-	
		Участки опусканий	+	-	-	-	

\* «Плюс» — геологический объект находит отражение в ландшафте, «минус» — не находит.

оранжевого или красного светофильтров, так как при этом наблюдаются наибольшие яркостные различия почв.

На горных склонах, где широко распространены неразвитые почвы, в составе которых преобладают темно-серые каменистые пески и супеси, создаются наилучшие условия дешифрирования. В целом, в условиях широко развитых переувлажненных поверхностей, почвы как фактор дешифрируемости являются нейтральными (увлажнение почв вызывает снижение их коэффициентов яркости и, следовательно, слабое их различие на АС).

Итак, основные экзогенные факторы — климат, растительность и почвы в целом мало содействуют успеху дешифрирования, но и не сильно маскируют геологическое строение территорий. Поэтому в сочетании с некоторыми благоприятными

ландшафты								
Гидрографическая сеть		Типы растительности			Типы почв			
речная	временные ложбины стока	древесно-кустарниковая	кустарничково-травяная	мохово-лишайниковая	тундровые	горно-тундровые	лесные	равнинные
+	-	+	+	+	+	+	+	+
-	+	-	+	+	+	+	+	+
+	-	+	-	-	-	-	-	-
+	+	+	-	-	-	-	-	-
+	+	-	-	-	+	+	+	-
+	-	-	-	+	+	+	+	+
+	-	-	-	+	+	-	+	+

проявлениями рельефа горных ландшафтов экзогенные компоненты создают в целом средние возможности дешифрирования геологического строения вулканических поясов.

Элементы геологического строения по-разному отображаются на дневной поверхности, проявляясь в формах и типах рельефа, в почвах и растительности, в гидрографической или ложковой сети и т.д. или одновременно в нескольких компонентах ландшафта, либо в зависимости от конкретных ландшафтных условий — то в одном, то в другом компоненте (табл. 1).

Выделяются следующие типы отображения объектов геологического строения на дневной поверхности: 1) в формах или типах рельефа, 2) в рисунке гидросети, 3) в почвенно-растительном слое, 4) в растительных сообществах, 5) одновремен-

но в нескольких экзогенных компонентах ландшафта и рельефе, б) во всех экзогенных компонентах ландшафта и в рельефе одновременно.

С учетом формы, размера и типа локализации геологического объекта на дневной поверхности (индивидуальные обособления или комплексы) применительно к целям и задачам дешифрирования выделяются три класса объектов: I класс — индивидуальные обособления малых форм отображаются в каком-либо одном компоненте ландшафта или определенных формах рельефа (например, кварцевые жилы, дайки, слои, линзы, потоки лав и др.); II класс — комплексные обособления средних форм отображаются в нескольких компонентах ландшафта и разновидностях рельефа (например, покровы игнимбритов, субвулканические интрузии, экструзии, вулканические аппараты и др.); III класс — комплексные обособления крупных форм отображаются одновременно во всех компонентах ландшафта и разновидностях рельефа (например, серии, свиты или толщи горных пород, крупные структурные швы, региональные разломы, интрузивные массивы, неотектонические блоки и др.).

Если не принимать в расчет исключительных обстоятельств, то затраты времени, необходимые для выявления геологических объектов первого класса, в общем случае будут меньше, чем для выявления геологических объектов третьего класса, что объясняется необходимостью привлечения для их выявления значительно большего количества косвенных признаков.

## ВАЖНЕЙШИЕ ОБЪЕКТЫ ДЕШИФРИРОВАНИЯ

Обнаружить (опознать) и правильно интерпретировать изучаемый на фотоснимке объект можно лишь с помощью дешифрирующих его признаков — прямых или косвенных. Прямыми признаками объекта называют те его особенности, которые непосредственно изображаются на фотоснимке, а косвенными — прямые признаки других коррелятивно с ним связанных объектов. Среди геологических объектов немного найдется таких, которые дешифрируются с помощью одного-двух признаков. Значительно чаще необходим комплекс признаков. Однако далеко не все признаки оказываются полезными. Среди них всегда присутствуют такие, которые дешифрированию не содействуют. Поэтому выделение полезных признаков дешифрирования имеет важное прикладное значение. Полезные признаки, т. е. те, которые способствуют отделению одного объекта от другого, условимся называть критериями дешифрирования. Такие признаки, как правило, принадлежат какому-либо одному объекту и полностью или частично отсутствуют в других объектах либо выражаются в них в существенно ином виде [77].

При разнообразии и сложности объектов изучения вулканических поясов легко представить, насколько широки возможности видоизменения признаков дешифрирования. При интерполяции и экстраполяции признаков дешифрирования это необходимо всегда помнить. Метод интерполяции предусматривает распространение данных между двумя точками и более, что предопределяет его использование в основном при наземном картировании. В этом случае данные распространяются пропорционально различиям значений того или иного признака путем построения градиентов его изменения.

Для получения необходимых сведений чаще всего применяют метод экстраполяции [17]. В этом случае признаки и методы дешифрирования, выработанные на ключевых участках, используются для дешифрирования аэроснимков на некотором (иногда значительном) удалении от них.

Б. В. Виноградов и Ал. А. Григорьев различают четыре вида экстраполяции: 1) внутриконтурную, 2) внутриландшафтную (локальную), 3) региональную и 4) дальнюю. При внутриконтурной экстраполяции данные по фотоснимку распространяются из точки наблюдения на всю площадь элементарного контура. Внутриландшафтная (локальная) экстраполяция предусматривает распространение признаков дешифрирования в пределах ареала с определенным и ограниченным комплек-

сом природных условий. Региональная экстраполяция основана на распространении признаков дешифрирования в пределах физико-географического района между типами местностей и ландшафтами — аналогами. Дальняя экстраполяция предусматривает распространение признаков дешифрирования из одного ландшафта в другой, расположенный в иной физико-географической провинции и значительно удаленный от ключевого участка.

По аналогии с видами экстраполяции признаки дешифрирования условно можно подразделить на три категории: локальные, региональные и дальние. Признаки первой категории наиболее полно отражают специфику фотогеологического изучения вулканических поясов. Признаки региональной и дальней категории в меньшей мере отражают эту специфику, так как характеризуют объекты, не обязательно связанные с образованием вулканических поясов.

## ФОРМЫ И ТИПЫ РЕЛЬЕФА

**Эффузивные формы рельефа.** Трещинные излияния и связанные с ними формы рельефа на территории вулканических поясов советского Дальнего Востока имеют весьма малое распространение. Продукты кратерных извержений и связанные с ними формы накопления вулканического материала распространены значительно шире. Они, собственно, и составляют специфику фотогеологического изучения рельефа этих территорий. Среди вулканических форм такого типа различают стратовулканы (слоистые вулканы), насыпные (шлаковые) конусы, щитовые вулканы, лавовые (экструзивные) купола и маары и др. [10].

**Стратовулканы.** Среди слоистых вулканов Камчатки (по степени сохранности первичной формы) И. В. Мелекесцев [63] различает пять разновидностей.

1. Позднеголоценовые и современные существенно пирокластические стратовулканы, имеющие слабо усеченный конус с выполаживающимися книзу склонами; крутизна склонов в верхней части конуса  $30-35^\circ$ , в средней  $20-25^\circ$ , в нижней  $9-10^\circ$ ; склоны ровные, практически нерасчлененные; поперечник основания достигает 3—10 км; высота колеблется от 400—500 м до 3 км; объем равен 2—100 км<sup>3</sup>.

2. Раннеголоценовые и поздневерхнеплейстоценовые существенно пирокластические вулканы (см. фиг. 1, 2, 36) имеют правильный островершинный или усеченный конус; на склонах многочисленны барранкосы (рытвины); вершинный кратер либо полностью, либо частично уничтожен; у подножия шлейф из слившихся между собой, но хорошо отделяющихся друг от друга пролювиальных конусов выноса; нивальные и

экзарационные формы рельефа на склонах вулканических конусов не выявляются; поперечник достигает 3—13 км; высота от 400—500 м до 2,5 км; объем 2—60 км<sup>3</sup>.

3. Средне (?)-, верхнеплейстоценовые слабо расчлененные существенно лавовые стратовулканы имеют правильный конус с острой или куполовидной вершиной; крутизна склонов в верхней части конуса 20—25°, в средней 15—17°, в нижней 6—7°; барранкосы на склонах конуса отсутствуют (вместо них водосборные воронки небольших ручьев); кратер на вершине чаще всего не сохраняется; поперечник основания 3—5 км; высота 400—800 м; объем 1—4 км<sup>3</sup>.

4. Средне (?)-, верхнеплейстоценовые расчлененные существенно лавовые стратовулканы имеют разрушенный усеченный конус; верхняя часть конуса чаще всего почти полностью уничтожена (здесь располагаются глубоко врезанные водосборные воронки постоянных и временных водотоков и скульптурные ледниковые формы); участки первичных склонов сохраняются только в нижней части конусов.

5. Средне (?)-, верхнеплейстоценовые разрушенные существенно лавовые стратовулканы — это невысокие горные массивы, первичные формы нарушены настолько, что только по периклинальному залеганию лавовых образований можно предположить об их существовании в том или ином месте. На аэроснимках распознаются с большим трудом.

Щитовые вулканы [63]. Верхнеплейстоценовые — раннеголоценовые щитовые вулканы имеют пологосклонные конусы (крутизна склонов в верхней части не превышает 13—15°, в средней части она равна 10—12°, у основания 4—5°); диаметр основания колеблется от 2—3 до 10 км; высота от 200 до 600—700 м; весьма характерен центробежный характер растекания очень узких, маломощных и длинных лавовых потоков; на вершинах вулканов часто бывают насажены один или несколько шлаковых конусов.

Нижне (?)-, среднеплейстоценовые расчлененные щитовые вулканы (см. фиг. 3) с полностью уничтоженной вершиной конуса; участки первичных склонов сохраняются лишь в нижней части конуса; радиальная гидросеть расчленяет вулкан на несколько самостоятельных секторов; поперечник основания достигает 10—14 км; высота — 1500 м.

Насыпные (шлаковые) конусы. По мнению А. Н. Сирина [87], среди шлаковых конусов Ключевского дола выделяются три основные разновидности: рыхлые, со стержнем спекания и с лавовым стержнем.

Рыхлые конусы (см. фиг. 13) высотой не более 20 м; очень широкий кратер (функция значительного радиуса разброса обломочного материала); в некоторых случаях дно кратера совпадает с уровнем земной поверхности, что придает таким конусам сходство с воронками взрыва (отношение радиуса ос-

нования к высоте конуса иногда достигает 8); объем редко превышает 70 тыс. м<sup>3</sup>.

Конусы с внутренним стержнем спекания (см. фиг. 2, 29); зона с центральным жестким штоком имеет диаметр не более 24—25 м; средняя зона—50 м (зона спекания шлаков); периферическая зона (зона рыхлых шлаков) 100 м, т.е. отношение ширины зон, взятых в порядке их перечисления, составляет 1:2:4; отношение радиуса основания к высоте не превышает 2; объем в 2—2,5 раза больше, чем у рыхлых конусов.

Конусы с лавовым стержнем (см. фиг. 14, 30), в которых выделяются следующие зоны: центральная жерловая (лавы и сваренные шлаки), зона спекшихся и полуспекшихся шлаков и периферическая зона рыхлой пирокластики; характерно наличие «висячих» лавовых потоков.

По степени сохранности первичной формы И. В. Мелекесцев [63] различает три основные разновидности шлаковых конусов.

1. Позднеголоценовые и современные шлаковые конусы (см. фиг. 1, 13), имеющие слабо усеченный конус идеальной сохранности; склоны нерасчленены; на вершине отчетливо виден кратер; диаметр основания 50—1500 м; высота 20—300 м; склоны лишены почвенно-растительного покрова, даже ниже границы растительной зоны.

2. Поздневерхнеплейстоценовые и раннеголоценовые шлаковые конусы (см. фиг. 2, 13), конус которых в различной степени разрушен; на склонах густая сеть глубоких эрозионных ложбин; кратер либо не сохранился, либо сильно преобразован денудацией; интенсивно разрушены конусы, испытавшие воздействие ледниковой экзарации (слабо расчлененные конусы сохраняются лишь в очень благоприятных условиях — в пределах обширных участков лавовых плато, на большом удалении от крупных водотоков и др.); параметры сходны с предыдущими.

3. Ранневерхнеплейстоценовые (?) шлаковые конусы (см. фиг. 7), конус которых почти полностью разрушен (остаются обычно отпрепарированные жерловины — невысокие (10—20 м) куполовидные возвышенности, расположенные на склонах древних щитовых вулканов и лавовых плато.

Лавовые (экструзивные) купола — основными признаками их являются средняя высота  $150 \pm 20$  м; среднее отношение диаметра к высоте купола  $3,2 \pm 0,16$ ; форма — купол, цилиндр; пирамида, глыба; у основания купола — мощный чехол брекчий осыпания; характерно блоковое строение поверхности купола; менее характерны иглы выжимания или вершинные кратеры [11].

В результате последующего эрозионного расчленения первичных форм образуются две основные переходные формы: купол, состоящий из монолитного внутреннего ядра с каймой

брекчий разрушения, и купол, усложненный выходами скальных пород экструзивной лавы в окружении брекчий. На заключительном этапе разрушения экструзивные купола представляют собой груду вулканических брекчий с неким в ее основании. Нагромождающиеся при разрушении обломки либо располагаются хаотически, либо образуют концентрические и радиальные валы, которым в теле конуса отвечают трещины. Радиальные трещины свидетельствуют о внутреннем расширении купола, концентрические — о погружении его при временном оттоке лавы или при понижении давления газов, либо о сжатии купола в связи с охлаждением лавовой массы (см. фиг. 21).

Купола могут располагаться в центральном кратере, на склонах вулканов и у их подножия или на значительном от них удалении. Иногда они образуются на вулканических плато в виде самостоятельных вулканических построек. Чем выше гипсометрическая отметка основания купола, тем меньше его размеры, и наоборот. Купола с меньшей плотностью экструзивной лавы (обычно и более кислой) могут достигать максимальных гипсометрических отметок.

Для одного и того же вулкана боковые купола могут иметь меньшую гипсометрическую отметку вершины, чем центральные, но относительная их высота может быть и большей. Наиболее высокие купола (в пределах 500 м) с максимальной гипсометрической отметкой вершины имеют максимальную высоту основания 2000—2500 м; ареальные купола редко достигают большой высоты, хотя они очень часто сложены кислыми лавами.

И. В. Мелекесцев [63] различает следующие типы форм экструзивных куполов.

Голоценовые и современные экструзивные купола с куполом прекрасной сохранности; у эндогенных куполов на склонах и вершине видны многочисленные глыбы и обелиски (образ свернувшегося ежа); у эффузивных куполов отмечается веерообразное растекание выжатого лавового материала; в отдельных случаях наблюдаются каплевидные очень мощные (до 100 м) и короткие лавовые потоки, ограниченные крутыми уступами; поперечник основания экструзивных куполов не превышает 2—3 км; высота 300—400 м (см. фиг. 36).

Верхнеплейстоценовые экструзивные купола (см. фиг. 36), первичные формы микрорельефа в которых не сохраняются; эндогенные купола выражены в рельефе в виде крутосклонных куполообразных возвышенностей с выпуклой вершиной; эффузивные купола напоминают типичные мезы: ровная горизонтальная или слабо наклонная площадка на вершине и крутые (до вертикальных, близ бровки) склоны; основания склонов скрыты под крупноглыбовой осыпью.

Отпрепарированные экструзии (см. фиг. 3) с островершин-

ными крутосклонными (30—50°) конусами, расчлененные густой сетью эрозионных ложбин; высота конуса 300—400 м; диаметр основания 3—4 км; конусы резко возвышаются над участками хребтов, сложенных вмещающими породами; более светлые оттенки фототона, чем у окружающего поля фотозображения.

Маары и кальдеры. Маары представляют собой понижение воронкообразной или цилиндрической формы; углубление нередко заполнено водой; характерен по краю воронки валик, сложенный вулканическими породами; форма круглая или овальная, диаметр 200—3500 м, глубина 60—400 м; встречаются как одиночные, так и комплексные формы — цепочки, кольца и др. [11].

Помимо этих ординарных форм вулканического рельефа, в пределах районов современной вулканической деятельности отмечаются и другие специфические формы и типы рельефа.

Кальдеры обычно ограничены кольцевым уступом (высота 0—500 м, диаметр 5—15 км), нередко имеющим фестончатое строение (произвольное сочленение отдельных дугообразных сегментов); вокруг кальдер — обширные участки туфо-игнибритовых покровов; к кальдерам приурочены крупные стратовулканы, располагающиеся либо на уступе, либо на их дне; по периметру уступа нередки экструзивные купола и шлаковые конусы; выраженные в рельефе кальдеры имеют обычно средне-верхнеплейстоценовый и голоценовый возраст (более древние по возрасту кальдеры в рельефе обычно не выражаются).

Отпрепарированные кальдеры (см. фиг. 3, 28), представленные системой разновысотных дугообразных уступов, имеют локальное развитие кальдерных (в частности кальдерно-озерных) толщ; концентрически-дуговое и радиальное распределение разломов; возраст таких форм может быть разнообразным.

Лавовые равнины и лавовые потоки. Это: голоценовые и современные потоки глыбовой лавы (см. фиг. 12, 30), имеющие четкие дугообразные в плане валы, обращенные выпуклой стороной по направлению движения; боковые валы по краям потоков, а также лопастные границы потоков; относительные превышения достигают нередко 20—30 м, а в отдельных случаях лавы андезитов 40—50 м; от подстилающей поверхности потоки отделяются четким уступом высотой от 5—10 до 50—60 м; поверхность современных потоков не залесена и не задернована даже ниже границы растительности; внешне похожи на морену.

Потоки волнистой лавы, обладают значительной длиной потоков (большая подвижность лавы) — до 10 км и более; малой мощностью (от нескольких сантиметров до двух-трех метров); характерны многочисленные провальные формы, об-

разовавшиеся на месте газовых пузырей и туннелей; сложные складки и валы на поверхности (можно обнаружить только на крупномасштабных снимках). В верхнеплейстоценовых потоках глыбовой лавы (см. фиг. 36), в которых элементы микрорельефа поверхности не сохраняются, в лучшем случае видны границы отдельных потоков и снивелированные участки боковых валов.

Равнины голоценовых и современных пирокластических потоков [63] (агломератовых) приурочены к отрицательным формам рельефа — долинам рек, ручьев, к котловинам и плоским равнинным участкам (фрагменты лавовых плато, пологие склоны нижних частей щитовых вулканов); имеют идеально ровную первичную поверхность и интенсивно расчлененную вторичную (рельеф типа бедленд).

Туфоигнимбритовые покровы имеют: 1) идеально слабо наклонную или горизонтальную равнину (на участках, не затронутых эрозией) или рельеф типа бедленд (на участках, интенсивно переработанных эрозией); 2) пологосклонный грядовый рельеф, когда эти образования лежат на слабо расчлененных вулканических плато; 3) приуроченность к отрицательным формам рельефа и к равнинным участкам; 4) отчетливые признаки течения (совпадение наклонов поверхности покровов с уклоном тальвегов водотоков); 5) повышенную мощность покровов перед препятствиями и пониженную за ними; 6) пространственную связь с крупными хорошо выраженными в рельефе кальдерами [63].

Равнины мощных направленных взрывов (см. фиг. 7, 8) характеризуются бугристой и холмистой поверхностью, относительные превышения достигают 10—30 м; сохраняются отчетливые признаки течения материала по подстилающей поверхности.

Поверхность раннеголоценовых и верхнеплейстоценовых равнин отличается более сглаженным пологоволнистым и пологохолмистым рельефом; фронтальная часть таких равнин фиксируется четким крутым уступом высотой 10—20 м.

**Новообразованные формы рельефа, Водоразделы.** Для гребневидных водоразделов характерны зазубренные линии, фиксирующие смыкание поверхностей соседних склонов, преимущественно крутых с прямым или вогнутым профилем; местоположение — наиболее приподнятые участки междуречий; относительные превышения более 400 м. Для узких водоразделов характерны (см. фиг. 5) разновысотные линии, фиксирующие смыкание соседних склонов со слабо выпуклым профилем (в верхней части); местоположение — средневысотные междуречья; крутые и средней крутизны склоны или их сочетания; склоны протяженные и средней длины (см. фиг. 4, 5). Широкие водоразделы: поперечный профиль — по-

лого-округлой формы; местоположение — низкие междуречья (см. фиг. 6).

Вершинные поверхности (см. фиг. 15) имеют относительно выравненные водораздельные пространства, отграниченные от склонов междуречий бровками; местоположение — различные ярусы рельефа (за исключением высокогорий); форма лопастная; могут быть узкими и широкими; распространение фрагментарное; наиболее широкие поверхности встречаются на наиболее низких гипсометрических уровнях среднегорий.

**Склоны.** *Склоны гравитационные.* Обвальнo-осыпные склоны имеют двучленное строение поверхности: верх крутой, скальный, прорезанный многочисленными бороздами стока, а низ более пологий, с элементами аккумуляции обломочного материала линейного типа (в бороздах); местоположение — привершинные части междуречий; приуроченность — стенки трогов, каров, цирков; активная форма сопровождается коллювиальными, каплевидной формы, конусами и шлейфами подножий.

Осыпные склоны имеют прямой или слабо вогнутый профиль, значительную крутизну; неяснополосчатый рисунок фотозображения; светлые оттенки фототона преобладают; осыпи занимают практически всю высоту склона водораздела; верхняя часть склона — денудационная (нередко скальная), нижняя — аккумулятивная; мощные лопастные или треугольной формы конуса выноса, широкие шлейфы подножий.

Оползневые склоны — это многочисленные ниши срыва, лотки скольжения, оползневые массивы; светлые оттенки фототона; моренообразный облик рельефа в аккумулятивной части склонов; тела оползней нередко имеют эллипсоидальную, трапециевидную или серповидную форму в плане; поверхность оползней — бугристая, ступенчатая или смешанного типа; оползни ограничены более четко сверху и с боков, нежели снизу (см. рис. 12).

*Склоны эрозионные.* Эрозионным склонам свойственны выпуклые перегибы поверхности, приуроченность к участкам долин, в пределах которых боковая эрозия проявляется наиболее активно; морфология поверхностей сходна с обвальнo-осыпными и осыпными склонами.

*Склоны мерзлотного генезиса* (см. фиг. 6). Курумовые склоны в предгорьцовой зоне опоясывают вершины водоразделов; приуроченность — привершинные участки водоразделов; поверхности каменистые; светлые оттенки фототона; зернистая структура рисунка фотозображения.

Солифлюкционнo-курумовые, т.е. курумовые, слабо переработанные солифлюкцией, имеют почвенно-растительный покров, неравномерно-пятнистый рисунок фотозображения; по-

верхности неровные, бугорчато-ступенчатые; профиль — выпуклый или прямой.

Курумово-солифлюкционные (курумовые, значительно переработанные солифлюкцией) склоны занимают переходное положение от солифлюкционно-курумовых к солифлюкционным: профиль в значительной степени выровненный; приурочены к низкогорным и среднегорным участкам междуречий; сравнительно темные оттенки фототона (переувлажнение поверхностей); неяснополосчатый рисунок фотоизображения.

Солифлюкционные склоны — типичные формы низкогорных междуречий субарктической зоны: пологие, выровненные поверхности вогнутого профиля; приуроченность — придолинные части водоразделов; однородный относительно светлый фототон (практически полное отсутствие древесно-кустарниковой растительности); полосчатый рисунок фотоизображения (линии течения оттаявшего мелкозема).

Поскольку криогенные процессы определяют большую специфику развития рельефа в высоких широтах, а определение положения того или иного участка в мезорельефе и выяснение особенностей строения его микрорельефа лежат в основе рационального применения аэрометодов на северных месторождениях, рассмотрение некоторых специфических форм такого типа рельефа и их признаков в более широком плане не только целесообразно, но и необходимо [65].

Бугры пучения (булгуняхи) возникают вследствие длительного промерзания избыточно увлажненного слоя пылевато-глинистых, фитогенных и супесчаных образований мощностью не менее 0,3 м и повторносегрегационного льдообразования в нем. Некоторые из таких бугров характеризуются крутыми склонами и значительной высотой (до 70 м); их поперечник в основании иногда достигает 400 м. Бугры часто разбиты радиальными трещинами растяжения. Существуют и полого-склонные невысокие холмы такого происхождения. В процессе их разрушения (на конечной стадии) образуются так называемые термокарстовые западины и озера. Бугры пучения свидетельствуют о значительной льдистости слагающих их мерзлых пород.

Полигональные формы льдистых пылевато-глинистых покровов обусловлены растрескиванием промерзающих и неравномерно охлаждающихся почв и грунтов. При систематическом в течение ряда лет промерзании и растрескивании льдистых грунтов формируется полигональная сеть или решетка, мощных ледяных жил. Размеры полигонов не превышают 50 м. Высота отдельных жил достигает 30—40 и даже 80 м при толщине около 8 м. Вытаивание таких жил ведет к образованию канав и западин.

Термокарстовые образования — это формы проседания горных пород на ограниченных участках в результате вытаивания

подземного льда. Некоторые из таких форм достигают в поперечнике десятков и нескольких сотен метров, значительно реже — километров. В субарктической зоне встречаются низины, где термокарстовые западины и озера занимают до 70% площади. Термокарстовые формы свойственны равнинным территориям. Они свидетельствуют о пылевато-глинистом, супесчаном составе и высокой льдистости пород.

Термоэрозионные формы: овраги, ниши, карнизы, характерна скоротечность развития и, следовательно, их эфемерность.

Криогенные склоновые (солифлюкционные и др.) образования обусловлены систематическим сезонным и многолетним промерзанием и протаванием пород. Особого внимания заслуживает явление криосолифлюкции — течение оттаивающих пород вниз по склону. Относительно высокая скорость движения свойственна в основном ложбинам склонов, где породы перенасыщены влагой; на дренированных участках движение пород крайне медленное и составляет доли сантиметра в год. В результате криосолифлюкционных процессов образуются такие формы рельефа, как потоки, языки, сплывы, валы, террасы, шлейфы, оползни и др. На склонах, следовательно, происходит не только смещение солифлюксия, но и его выветривание и сортировка.

Структурные грунты — совокупность форм микрорельефа, возникших вследствие криогенной сортировки пород: пятна — «медальоны», бугристость (кочковатость) поверхности, каменные многоугольники, кольца, каменные поля (моря), каменные потоки (курумы), каменные полосы (пашневидные склоны) и др. Наиболее четко все эти формы проявляются в условиях заболоченности.

Наледные образования (тарыны, или гидроэффузивы) образуются при последовательном замерзании эпизодически изливающихся на поверхность речных и подземных и нередко смешанных вод. Наиболее постоянное питание гидроэффузивы получают всю зиму за счет подземных вод глубоких горизонтов. Выходы последних приурочены к зонам разломов, тектоническим трещинам, контактам пород различного возраста и состава.

*Делювиальные склоны.* Делювиальным склонам свойственно более низкое по сравнению с гравитационными склонами гипсометрическое положение; при пересечении соседних склонов такого типа чаще всего образуются узкие водоразделы; фототон равномерно-серый; профиль выпуклый; почвенно-растительный покров развит хорошо; чаще всего встречаются в прибрежных зонах; у основания таких склонов образуются делювиальные шлейфы с неровной, бугристой поверхностью.

Днища речных долин. *Высокая пойма* (см. фиг. 3, 23) имеет светлый фототон (преимущественно сухие поверхно-

сти); точечно-струйчатый рисунок фотоизображения (отмершие протоки и кустарники).

Надпойменные террасы (см. фиг. 3, 15, 36) — это относительно ровная поверхность, уступ, светлые оттенки фототона; пятнистый рисунок фотоизображения.

Наледные поляны (см. фиг. 3) имеют резкое расширение днища долины, в пределах которого русло реки или ручья разбивается на сеть мелких протоков, разделяющих поверхность поймы на невысокие острова; белый фототон.

**Рельеф областей новейшего и современного вулканизма\***. Вулканогенный аккумулятивный рельеф (см. фиг. 1, 14, 18) представляет собой совокупность аккумулятивных форм вулканического происхождения (см. формы эффузивные).

Денудационный рельеф (см. фиг. 2, 14, 25) развивается по периферии крупных вулканических сооружений; характерен плоский или пологоволнистый рельеф с относительными превышениями от нескольких метров до 50 м; углы наклона склонов до 50°; общие уклоны поверхности колеблются от 5 до 10°.

Эрозионно-денудационный рельеф (см. фиг. 4, 44) характеризуется однообразными пологосклонными поверхностями, формируется в условиях относительного тектонического покоя на абс. отм. 200—250 м; относительные превышения — первые десятки метров; глубина вреза основных речных долин 10—20 м; холмы крупные пологосклонные (углы склонов не круче 5°); склоны холмов незаметно переходят в днища слабо выровненных ложбин или обширных заболоченных западин; на отдельных участках — высокие, крутосклонные холмы (углы склонов 20—30°), отвечающие полям развития крепких (скальных) вулканогенных пород.

Экзарационный рельеф (см. фиг. 4, 15, 21, 30) — типичный альпинотипный рельеф с абс. отм. 2000—2500 м; узкие скалистые гребни, кары, обширные цирки с крутыми (50—60°), нередко отвесными стенками; широко развиты троговые долины.

**Новообразованные типы рельефа.** Высокогорный альпинотипный рельеф (см. фиг. 4) представлен скалистыми гребнями водоразделов, карами, ледниковыми цирками, в которых развиты морены современного оледенения; обвально-осыпные и осыпные склоны и коллювиальные шлейфы подножий.

Среднегорный эрозионно-денудационный рельеф (см. фиг. 3) имеет глубокое расчленение междуречий; гребневидные водоразделы, крутые преимущественно осыпные и эрозионные склоны; коллювиальные и пролювиальные шлейфы подножий.

---

\* Аккумулятивный ледниковый, водно-ледниковый, гравитационный и другие типы рельефа имеют ограниченное развитие и не являются специфичными для них.

Среднегорный криогенно-денудационный рельеф (см. фиг. 5) имеет узкие и широкие сглаженные водоразделы (нередко вершинные поверхности альтипланации; склоны мерзлотного генезиса (см. склоны мерзлотного генезиса).

Низкогорный криогенно-денудационный рельеф (см. фиг. 5, 10) обрамляет основания массивов среднегорного и высокогорного рельефа и определяется по сглаженным, широким водоразделам и пологим мерзлотным склонам.

Наиболее низкое положение в рельефе вулканических поясов занимают депрессии (долы) и прибрежно-морские низменности. В пределах этих типов рельефа широко развиты (на значительной части территории, занятой вулканическими поясами) формы рельефа мерзлотного генезиса: морозобойные трещины, полигональные и медальонные грунты, каменные многоугольники, гидролакколиты, бугры пучения, термокарстовые озерные котловины и др.

## ГОРНЫЕ ПОРОДЫ

Среди объектов этого типа применительно к задачам дешифрирования целесообразно выделить две основные группы: рыхлые и уплотненные породы и плотные (скальные) породы. Объем группам свойственны характерные формы локализации, которые большей частью и выступают в роли критериев дешифрирования. Последующее видоизменение таких форм приводит к тому, что критериями дешифрирования становятся другие признаки, связанные с иными свойствами объекта, которые ранее проявиться не могли, либо признаки-индикаторы других объектов, коррелятивно связанных с первыми.

При описании признаков и критериев дешифрирования рыхлых и уплотненных пород различают две разновидности: породы, формирующиеся в районах молодого и современного вулканизма, и породы, образующиеся в областях древнего вулканизма.

Признаки дешифрирования рыхлых и уплотненных пород, развитых в областях молодого и современного вулканизма, приведены в табл. 2. Признаки и критерии дешифрирования рыхлых и уплотненных пород, развитых в областях древнего вулканизма, не являются специфичными.

Из плотных (скальных) пород наиболее характерны осадочные. Осадочные породы внутри вулканических поясов встречаются либо в эрозионных окнах, либо в горстообразных выступах фундамента (см. фиг. 10).

На участках с умеренным проявлением неотектонических движений признаки дешифрирования пород следующие: 1) наиболее пониженные участки рельефа, 2) водоразделы широкие и узкие, 3) склоны выпуклые, прямого профиля,

- 4) полосчатый или петельчатый рисунок фотонизображения,
- 5) резко расчлененные поверхности.

В условиях интенсивного проявления неотектонических движений выявление полей развития осадочных пород практически невозможно, так как терригенные породы располагаются на различных гипсометрических уровнях, полосчатый или петельчатый рисунок фотонизображения исчезает, а формы рельефа приобретают очертания, сходные с формами, развитыми в полях вулканогенных пород. В условиях низкогорного криогенно-денудационного рельефа осадочные породы дешифрируются также плохо, поскольку склоны и водоразделы, как правило, перекрыты чехлом рыхлых образований, который существенно маскирует геологическое строение участков, на которых они развиты.

Поля преимущественного развития алевролитов, аргиллитов, гравелитов характеризуются: 1) отсутствием видимой на АС слоистости, 2) широким развитием поверхностей альтипланаии, 3) крутыми склонами, 4) интенсивно расчлененными поверхностями.

Поля преимущественного развития песчаников характеризуются: 1) гребневидными водоразделами, 2) ровными, прямого и выпуклого профиля склонами, 3) отсутствием видимой на АС слоистости.

Терригенно-карбонатные породы, встречающиеся крайне редко, имеют: 1) светлый, почти белый фототон, 2) слабое развитие растительного покрова, 3) грубополосчатый рисунок фотонизображения.

Существенно кремнистые разности пород дешифрируются по следующим признакам: 1) «жесткие» формы рельефа, 2) гребневидные водоразделы, 3) крутые склоны прямого профиля.

**Вулканогенные породы.** Признаки и критерии дешифрирования вулканогенных и вулканогенно-осадочных пород, развитых в областях молодого и современного вулканизма, приводятся в табл. 3.

В составе группы вулканогенных пород, развитых в областях древнего вулканизма, М. А. Петрова и Е. Б. Яковлева различают три фации: собственно эффузивную, субвулканическую и жерловую.

**Эффузивная фация.** *Лавовые потоки и покровы.* Существенных различий в цвете пород этой группы не наблюдается, однако породы основного состава более темноокрашены, чем кислого. Различия в тональности окраски пород находят отражения на черно-белых АС: породам основного — среднего состава на АС соответствуют более темные оттенки фототона, чем кислым их разностям. Однако практическое дешифрирование лавовых образований на Чукотке, Камчатке и в Корьякии показывает, что руководствоваться этим правилом

## Признаки дешифрирования рыхлых

Литолого-генетическая характеристика		Признаки		
Генетическая группа	Генетический тип	Форма (в плане)	Размеры	Фототон
Эксплозивная	Тефра (вулканический пепел, пески, гравий, лапилли, бомбочки), см. фиг. 9, 25	Признаком не является	Признаком не является	Преимущественно светлые оттенки; белый, белесый, светло-серый, реже серый
	Отложения пирокластических потоков (агломератовые туфы), см. фиг. 7	Языкообразная, неправильно-удлиненная, ветвящаяся	Удаление фронтальных частей потоков от центра извержения не превышает 15—20 км; ширина потоков от 0,1 до 2,0 км	Серый, светло-серый
	Отложения раскаленных лавин (агломератовые туфы, менее пористые, чем в пирокластических потоках), см. фиг. 36	Кольцеобразная, реже конусовидная	Удаление фронтальных частей от центра извержения не более 0,2—0,3 км	Темно-серый
	Отложения направленных взрывов (пепел, песок, гравий, щебень, глыбы), см. фиг. 7, 8	Неправильная, с извилистыми, прихотливоизогнутыми границами	Площадь 300—800 км <sup>2</sup>	Серый
Вулкано-терригенный				
Проловиальная	Отложения грязевых потоков (вулканогенно-терригенные, плохо сортированные обломки)	Вблизи вулканов узкие ленты, в удалении от них — широкие «языки»	Ширина от 10 до 2000 м, протяженность — от 0,2 до 80 км	Светло-серый
	Отложения «сухих рек»	Треугольная, реже лопастая	Весьма изменчивы, признаком не являются	Светло-серый, белесый, реже белый

## и уплотненных пород

дешифрирования			Примечания
Рисунок фотоизображения	Основные формы рельефа	Элементы микрорельефа	
комплекс отложений			
Аморфный на относительно ровных и плоских поверхностях на склонах вулканов и плато, кружевной — на поверхностях морен и лавовых потоков	Признаком не являются	Узкие борозды, промоины, блюдцеобразные понижения, суффозионные воронки, бугры	Породы лежат не различных формах рельефа и, облекая их, приспосабливаются к ним, образуя со временем мощный чехол слоистых рыхлых образований
Ступенчатый в тыловых частях потоков и струйчато-пятнистый в центральной и фронтальной частях потока	Плоская наклонная равнина	Узкие неглубоко врезаемые ложбины, гряды, отдельные островные холмы, поверхность которых инкрустирована многочисленными мелкими и крупными глыбами	Породы отличаются крайне высокой степенью подвижности и подобно жидкости скатываются в отрицательные формы рельефа и заполняют их, формируя равнины с первично плоской поверхностью
Ребристый в сочетании с точно-пятнистым	Наклонная слабо волнистая равнина	Редкие глубоко врезаемые промоины и отдельные крупные глыбы и блоки вулканогенных пород на поверхности	Породы формируют периферические части агломератовой мантии экструзивных куполов
Грубоязичистый	Холмисто-грядовая равнина	Мелкие бугры, бессточные западины, узкие короткие понижения, отдельные глыбы и крупные блоки вулканических пород	Холмисто-грядовая равнина взрывного генезиса усеена во фронтальной части огромными глыбами и замыкается фронтальным валом
комплекс отложений			
Пятнистый с точечным крапом, реже струйчато-пятнистый	Наклонная мелкохолмистая равнина	Невысокие, полого-склонные холмы и неясно выраженные гряды и межгрядовые понижения	Грязекаменные потоки (лахары) на склонах вулканов, близ центров извержения практически не дешифрируются
Струйчато-веерообразный в сочетании с грубоязичистым	Наклонные мелкохолмистые, интенсивно расчлененные равнины	Протяженные слабоветвящиеся ложбины стока временных водотоков; поверхность инкрустирована отдельными крупными глыбами	В чистом виде породы этого типа в районах активной современной вулканической деятельности выделить трудно; обычно они входят составной частью в сложный полигенный комплекс отложений

Литолого-генетическая характеристика		Признаки		
Генетическая группа	Генетический тип	Форма (в плане)	Размеры	Фототон
	Морена (валунные супеси, галечники, гравий, песок), см. фиг. 25	Удлиненно-подковообразная	Весьма изменчивы, признаком не являются	Светло-серый, реже серый
	Озерно-ледниковые отложения (пески, гравий, галечники, реже илы)	Округло-овальная, реже неправильная, но с плавно изогнутыми краями	Весьма разнообразные, признаком не являются	Серый, реже темно-серый
	Флювиогляциальные отложения внутри-ледниковой зоны	Практически		
	Флювиогляциальные отложения внеледниковой зоны (валуны, галечники, пески, супеси)	Лентообразная, реже треугольная	Весьма разнообразные, признаком не являются	Светло-серый
	Обвальные отложения (глыбы, блоки и более мелкие обломки коренных пород с мелкоземом)	Изометричная, овально-округлая, каплевидная	То же	Серый в вялом сочетании с темно-серым
Терригенный				
Гравитационная	Осыпи (глыбы, щебень, супесь и суглинок)	Неправильно-лентообразная, лопастная, веретенообразная	Весьма разнообразные; признаком не являются	Либо заметно светлее, либо темнее, чем у других склоновых накоплений (белесый, светло-серый, темно-серый)
	Оползни и обвалы (глыбы, щебень, супесь, суглинок, крупные слабо нарушенные блоки пород)	Весьма разнообразная; признаком не является	Весьма разнообразные; признаком не являются	Преимущественно серый

дешифрирования			Примечания
Рисунок фотоизображения	Основные формы рельефа	Элементы микрорельефа	
Ребристый для современных морен и крупно пятнистый с точечным крапом для верхнечетвертичных морен	Комплекс моренных гряд и холмов	Борозды, межгрядовые понижения, термокарстовые воронки и блюдцеобразные углубления	В районах активной современной вулканической деятельности поверхность морен перекрыта мощным (до 4—5 м) чехлом почвенно-пирокластических образований
Аморфный, реже концентрический	Плоскодонные западины	Признаком не являются	
не дешифрируются			В высокогорье и среднегорье; эти образования чаще всего закрыты снегом
Признаком не является	Террасы, наклонные равнины	Протяженные, неглубоко врезанные ложбины стока временных водотоков	Дешифрируются неуверенно, так как на большой площади обычно перекрыты мощным (до 5—7 м) чехлом почвенно-пирокластических образований
Зернистый или бородавчатый	Группа разновысотных холмов	Борозды, гряды, отдельные холмы, межгрядовые понижения	
комплекс отложений			
Поперечно-струйчатый, реже зернистый в сочетании со струйчатым	Круто- и средненаклонные поверхности склонов речных долин и водоразделов	Бугры, западины: прямые, не ветвящиеся ложбины стока; отдельные крупные глыбы	Процесс обнаружения облегчается закономерной приуроченностью объектов к крутым и средненаклонным склонам междуречий
Шагреновый	Хаотическое скопление холмов и гряд; реже упорядоченное: параллельное, кулисообразное	Беспорядочно ориентированные неглубоко врезанные, слабоизвилистые ложбины стока, отдельные глыбы на поверхности склонов	

Литолого-генетическая характеристика		Признаки		
Генетическая группа	Генетический тип	Форма (в плане)	Размеры	Фототон
Гравитационная	Солифлюксий (щебень, супесь, суглинок)	Весьма разнообразная; признаком не является	Весьма разнообразные; признаком не являются	Весьма изменчив; признаком не является
Водная	Аллювий (валуны, песок и супесь)	Древовидная (для транзитных долин лентообразная, прерывисто-лентообразная, четковидная)	То же	То же
	Пролувий (валуны, галька, супесь, суглинок, глыбы, щебень)	Неправильно-треугольная, секторальная, плоскоконусовидная	Площадь от 0,1 до 1 км <sup>2</sup>	Весьма разнообразный; признаком не является
Ледниковая	Собственно ледниковый (морена) — валуны, галька, суглинок, глины, супесь	Неясно треугольная, округлая, лопастная	Площадь от 1 до 10 км <sup>2</sup>	Темнее, чем у других ледниковых образований
	Водно-ледниковый (валуны, галька, песок, супесь)	Неправильно-треугольная (вблизи конечных морен); неправильно-лентообразная (вдали от морен)	Весьма разнообразные; признаком не являются	Весьма изменчив; признаком не является
	Озерно-ледниковый (галька, песок, илы)	Неправильно-треугольная (вблизи конечных морен); неправильно-лентообразная (вдали от морен)	То же	Светлее, чем у других рыхлых образований, кроме руслового аллювия

дешифрирования			Примечания
Рисунок фотоизображения	Основные формы рельефа	Элементы микрорельефа	
Ноздреватый	«Террасированные» поверхности средне- и пологонаклонных склонов речных долин и водоразделов	Слабонаклонные небольших размеров площадки с выпуклыми крутыми, невысокими уступами	
Струйчатый, стручаточечный, струйчатопятнистый	Русло, пойма, террасы	Русловые валы, косы, впадины старичных озер, гривы, ложбины	Кроме руслового, другие фации аллювия характеризуются светлыми оттенками фототона с интенсивным точечным крапом темно-серого фототона
Радиально-струйчатый	Отдельный конус выноса или их серия	Веерообразно расположенные, неглубоко врезанные, слабо извилистые ложбины стока; отдельные камни глыбы, инкрустирующие поверхность конусов	
Дырчатый, кружевной, ребристый	Холмисто-грядово-западный рельеф	Асимметричные, островерхние гряды, округловвершие, пологосклонные, холмы; впадины термокарстовых озер	Кроме современных морен
Струйчатый, струйчаточечный, струйчатопятнистый	Террасы, конуса прорыва	Невысокие «частые» уступы, неглубоко врезанные, слегка извилистые желоба брошенных водотоков	Аллювий рек имеет тот же характер фотоизображения
Признаком не является	Террасы, пляж	Признаками не являются	В том случае, если русловой аллювий изображается на аэро- снимке белесым фототонном

можно лишь в очень редких случаях, только тогда, когда породы достаточно хорошо обнажены и характеризуются в приграничных зонах резко различным составом (правило контрастных сочетаний). К этому следует добавить, что анализ изменения фототона (как признака состава лавовых образований) можно использовать только при дешифрировании круп-

ных полей данного типа пород. Признак этот очень изменчив и зависит от многих факторов: обнаженности, сомкнутости лишайниково-мохового покрова, преобладания того или иного типа рельефа и многих других признаков.

Лавовые потоки и покровы (рис. 2) являются одним из наиболее распространенных элементов геологического строе-

Признаки дешифрирования вулканогенных и вулканогенно-осадочных

№ объекта	Генетическая и литолого-петрографическая характеристика		Признаки			
			Форма (в плане)	Размеры, их соотношения (площадь, длина, высота, ширина, диаметр, отношение высоты к диаметру)		
1	Вулканогенные	С ненарушенной структурой поверхности	Базальты, андезитобазальты, андезиты, андезитодациты, дациты, липариты, игнимбриты (см. фиг. 12 для объекта 1 и рис. 2 для объекта 2)	Неправильно-лопастная, лепестковидная с извилистой конфигурацией границ, реже каплевидная, амeboобразная; для объектов 2 характерны единицы потоков — индикаторы состава лавовых образований	Площадь 5—40 км <sup>2</sup> , длина 0,5—10 км	
2			Эффузивные и лавовые потоки	Туфы и шлаки базальтового, андезитобазальтового и андезитового и состава (см. фиг. 13)	Почти круглая, эллипсовидная	Высота 10—200 м, диаметр 100—2000 м, отношение высоты к диаметру 1/10
3						
4	Вулканогенные	Эффузивные	Небольшие шлаковые и шлаколавовые вулканы	Почти круглая, чаще — эллипсовидная	Высота 50—200 м, диаметр 500—2000 м; отношение высоты к диаметру 1/10	
5			Щитовые вулканы	Амебообразная	Высота 100—500 м, диаметр: 2000—10000 м; отношение высоты к диаметру 1/20	
6			Стратовулканы	Неправильно-округлая	Высота 500—1500 м, диаметр 10—30 км; отношение высоты к диаметру 1/20	

образований, развитых в районах молодого и современного вулканизма

дешифрирования			
Фототон	Основные формы рельефа	Элементы микро-рельефа	Примечания
Преимущественно равномерно светло-серый и серый; иногда — светло-сером фототоне — темно-серый точечный и пятнистый крап	Средне- и пологонаклонные, заметно «террасированные» склоны вулканов и их подножий	Неясно выраженные желоба, неглубокие воронкообразные углубления, многочисленны слабо наклонные площадки с крутыми уступами	Формы объектов 1 и 2 заметны лишь на фотосхемах (фотопланах); на отдельных АС видны лишь части таких форм: на КС крупного масштаба они видны целиком
Преимущественно равномерно серый (т. е. темнее, чем у объектов 1), с точечным и пятнистым крапом темно-серого фототона	Средне- и пологонаклонные неровные склоны вулканов и их подножий	Многочисленные (червеобразные в плане) обрывистые уступы; слабо извилистые невысокие гряды и межгрядовые понижения	
Чаще темнее, чем у других вулканогенных образований (темно-серый), реже светло-серый и серый с точечным крапом темно-серого фототона	Отдельные конусовидные горы с привершинной кратерной воронкой	Редкие неглубокие ложбины временных водотоков	
Чаще темнее, чем у других вулканогенных образований (темно-серый, реже — светло-серый с точечным крапом темно-серого фототона)	Отдельные конусовидные (терриконоподобные) горы	Редкие неглубокие ложбины временных водотоков	
Серый, реже светло-серый	Обособленные горы неясно конусовидной формы	Многочисленные, извилистые (в плане) уступы и обрывы, радиально расположенные ложбины стока; невысокие лавовые возвышенности конусовидной формы	
Крупные пятна и полосы разнообразных, преимущественно светло-серых оттенков	Вулканические горы интенсивно разрушенные эрозией и экзарацией, но сохранившие общую конусовидную форму	Солифлюкционные террасы, бессточные западины, ложбины стока, паразитические лавовые и шлаколавовые конусы	На отдельных АС можно увидеть лишь часть этих форм; при дешифрировании формы этих объектов необходимо использовать фотосхемы или космические снимки среднего масштаба

№ объекта	Геотическая и литолого-петрографическая характеристика		Признаки		
			Форма (в плане)	Размеры, их соотношения (площадь, длина, высота, ширина, диаметр, отношение высоты к диаметру)	
7	Жерловые	Жерловины	Лавобрекчии, спекшиеся шлаки, базальтового и андезитобазальтового состава	Круглая, реже эллипсоидная	Высота 20—50 м, диаметр 40—100 м, отношение высоты к диаметру 1/2
		Экструзионные купола	Дациты, андезитодациты, андезиты, андезитобазальты и базальты	Неправильно округлая, эллипсоидная	Диаметр 1—10 км, высота 100—500 м, отношение высоты к диаметру 1/20
			Дайки	Андезиты, андезитобазальты и базальты	Линейная (прямые линии и полоски — реже кривые полоски и линии)
8	Вулканогенные	Субвулканические	Дациты и липаритодациты	Изометричная	Признаками не являются
				Туфы, туфобрекчии, туффиты, туфогравелиты, отдельные прослой лав (см. фиг. 14)	Признаком не является
9	Вулканогенно-осадочные	Тела неправильной изометричной формы	Лахаровые брекчии, туфобрекчии, туфы, туфоконгломераты, туфопесчанники, туффиты, отдельные прослой лав (см. фиг. 15)		

ния вулканических поясов. Они имеют преимущественно мезокайнозойский возраст, причем позднемиоценовые и палеогеновые лавовые образования преобладают (имеется в виду распространенность образований этого возраста на дневной поверхности). В формах рельефа эти породы проявляются по-разному. При горизонтальном и субгоризонтальном залегании мощные и массивные лавовые образования формируют структурные поверхности водоразделов и серии ступеней на склонах междуречий. В моноклиальных (полого- и средненаклонных)

дешифрирования			
Фототон	Основные формы рельефа	Элементы микро-рельефа	Примечания
Светло-серый, реже белесый	Обелископодобные скалы; понижения воронкообразной формы на днище кратерных воронок	Признаками не являются	
Преимущественно серый, с неясно очерченными пятнами светло-серого фототона	Куполообразные горы	Глубоковрезанные слабоизвилистые ложбины стока, многочисленные скальные выступы	Для небольших тел не характерно
В большинстве случаев светлее, чем у окружающих объектов	Узкие невысокие гряды либо неясно выраженные ложбины	Признаками не являются	Менее протяженные и менее мощные на АС мелкого масштаба не обнаруживаются
Пятна серого и светло-серого фототона в вялом сочетании	Бугристые поверхности склонов речных долин и водоразделов	Невысокие, округловерхие пологосклонные бугры и отдельные холмики на склонах и водоразделах	
В целом преобладают серые оттенки фототона	Интенсивно расчлененный эрозионный рельеф склонов речных долин и водоразделов	Островерхие и округловерхие, асимметричного профиля гряды и извилистые неглубокие промоины	
		Островерхие, крутосклонные гряды симметричного профиля и четко очерченные слабо извилистые промоины	

структурах эти образования способствуют образованию куэстообразных форм рельефа. В крутых моноклиналях и сложных складчатых структурах или флексурах вулканисты этого типа образуют моноклиальные гребни либо выступают в роли фотомаркирующих горизонтов (в некоторых случаях они очень напоминают прослой крепких песчаников).

Дополнительными признаками, указывающими на присутствие вулканогенных образований, следует считать: 1) массивные формы рельефа, 2) многочисленные скальные останцы на

склонах и водоразделах междуречий, 3) локальное проявление радиальных и кольцевых (дугообразных) разрывных нарушений, 4) реликты вулканических построек.

Поля преимущественного развития базальтов и андезитобазальтов на участках стабилизации или умеренного проявле-

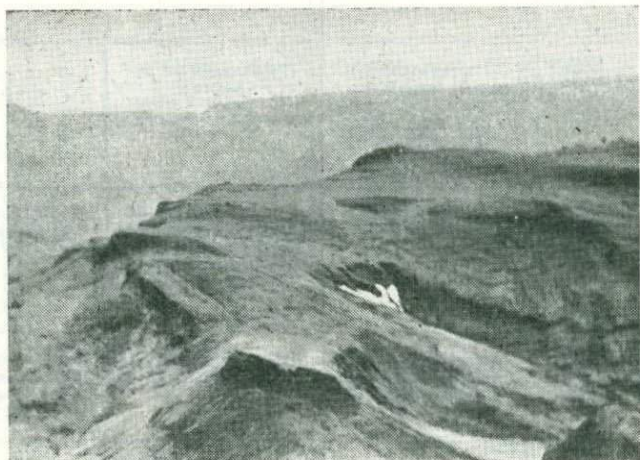


Рис. 2. Покровы андезито-базальтовых лав раннечетвертичного возраста на водоразделе Анавгай—Ковавля. Срединный хребет Камчатки. Отчетливо видны молодые разломы и флексуры, осложняющие первичное залегание вулканитов

ния неотектонических движений положительного знака характеризуются следующими ландшафтными признаками-индикаторами: 1) плоскими водоразделами, 2) пологими (до  $15^\circ$ ) ровными, чаще всего солифлюкционными склонами вогнутого профиля, 3) на склонах и водоразделах много скальных останцов, 4) редким древесным покровом и кустарниками, развитыми по кочкарно-маховому покрову, 5) преимущественно переувлажненными поверхностями склонов междуречий (см. фиг. 10). На АС поля этих пород характеризуются комковато-бугристой поверхностью стереомодели и серым фототонном.

Те же породы в областях интенсивных неотектонических поднятий характеризуются: гребневидными водоразделами, крутыми (до  $35-40^\circ$ ) обвально-осыпными склонами вогнутого профиля (на склонах и водоразделах многочисленные угловатые скальные останцы) и преимущественно сухими, лишенными растительности поверхностями (см. фиг. 4). На АС полям развития этих пород соответствует либо «рашпилевидный» (на незалесенных поверхностях), либо неясно пятнистый

(на залесенных поверхностях) рисунок фотоизображения и серый или темно-серый фототон.

Лавы кислого состава в областях стабилизации или умеренных неотектонических поднятий характеризуются примерно такими же проявлениями ландшафта, как и породы основного — среднего состава. Отмечается лишь отсутствие скальных останцов на склонах и водоразделах междуречий и значительно худшее выражение слоистости. На аэрофотоматериалах этим полям соответствуют серые и светло-серые оттенки фототона (см. фиг. 16).

В областях активного проявления неотектонических поднятий лавы кислого состава характеризуются: 1) гребневидными водоразделами, крутыми (до  $50-60^\circ$ ) обвально-осыпными и осыпными склонами вогнутого, реже выпуклого профиля; многочисленными бороздами временных водотоков на склонах; 2) сухими поверхностями, чаще всего лишенными древесно-кустарниковой растительности; 3) редкими, плохо выраженными в рельефе склонов уступами (скальные останцы редки). На аэрофотоматериалах можно увидеть «рашпилевидный», реже перистый рисунок фотоизображения и серый или светло-серый оттенки фототона.

*Туфы, вулканические брекчии, игнимбриты пирокластических пород.* Для полей развития этих пород характерны следующие признаки: 1) мягкие, сглаженные формы рельефа, 2) более четкое проявление слоистости; 3) на водоразделах и склонах междуречий наблюдается множество скальных останцов причудливой формы, 4) склоны чаще всего крутые (до  $30^\circ$ ), выпуклого профиля, нередко осыпные, 5) поверхности преимущественно сухие, лишенные древесно-кустарниковой растительности, 6) разрывные нарушения проявляются плохо.

На аэрофотоматериалах туфам соответствуют наиболее светлые оттенки фототона (белые, белесые, светло-серые) и пятнистый или полосчато-пятнистый рисунок фотоизображения. Туфы могут присутствовать в разрезе лавовых образований, как подчиненный им компонент. Это устанавливается по изменению профиля склона: крутые откосы на склонах (уступы) обычно соответствуют лавовым образованиям, а пологие участки склона, примыкающие к основанию этих уступов, соответствуют туфам. Косвенным признаком туфовых образований может служить характер аэрофотоизображения слоистости. Обычно слоистость лавовых образований более отчетливо проявляется в разрезах вулканитов, в той или иной мере содержащих туфы.

Для пород этой группы характерна резкая фаціальная изменчивость, связанная с уменьшением крупности пирокластического материала по мере удаления от центров извержения [53]. Обычно в центральных частях вулканических построек нижние и средние части разреза слагаются туфами, нередко

спекшимися. В верхних частях разрезов располагаются обычно потоки игнимбритов, которые часто перекрываются спекшимися туфами кислого состава (рис. 3). Здесь же нередко встречаются короткие, но мощные единичные потоки лав кислого состава. В направлении от центра вулканических по-

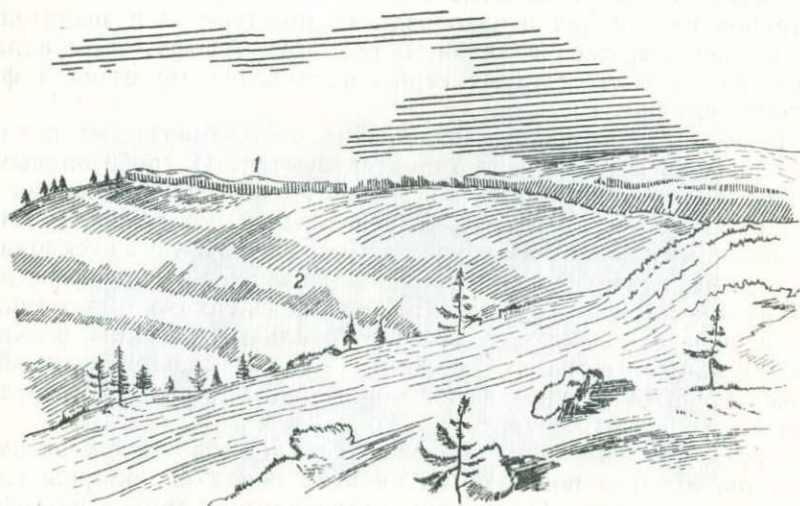


Рис. 3. Покровы игнимбритов на водоразделе рек Левый и Правый Халанкин. Анадырский сектор ОЧВП. Эффузивно-пирокластическая толща (сеноман-турон):

1 — игнимбриты дацитового состава, 2 — разнообломочные туфы дацитов

строек игнимбриты и лавы сменяются туфами, степень спекаемости которых уменьшается в том же направлении. Туфы нижних частей разрезов в удалении от центра вулканической постройки постепенно замещаются вулкано-терригенными и терригенными разностями.

*Лахаровые брекчии* образуются в результате отложения грязе-каменных потоков. Они состоят из неокатанных или слабо окатанных обломков и глыб лав, сцементированных мелко раздробленным пирокластическим материалом. Лахаровые брекчии обычно очень постепенно (по простиранию или по разрезу) переходят в вулканогенно-осадочные образования. На АС этим породам обычно отвечают грядовый или гривковый рельеф с большим количеством скальных обособлений, светлые оттенки фототона и полосчатый рисунок фотоизображения.

*Игнимбриты, спекшиеся туфы и сходные с ними туфолавы.* Игнимбриты имеют следующие признаки: 1) при своем отложении выравнивают древний рельеф или заполняют его понижения; 2) достигают значительной (сотни метров) мощности;

3) могут занимать очень малые и очень большие площади; 4) характеризуются огромными (до десятков тысяч кубических километров) объемами; 5) поверхности чаще всего каменистые (светлые оттенки фототона); 6) петельчато-полосчатый рисунок фотоизображения.



Рис. 4. Некк андезито-базальтов. Междуречье Яблонь — Бол. Пеледон. Анадырский сектор ОЧВП.

1 — жерловина (некк) андезито-базальтового состава (поздний мел); 2 — прижерловые вулканические брекчии (андезито-базальтового состава); 3 — вмещающая толща вулканитов кислого состава (сеноман—турон)

Лавоподобные разности игнимбритов практически не отличимы от лавовых образований (см. фиг. 18).

Спекшиеся туфы, обладая одновременно свойствами лав и игнимбритов, не имеют характерных признаков и практически не дешифрируются.

Образование туфолав связывают с процессами вспенивания лавовых масс в результате резкого падения внешнего давления и освобождения летучих компонентов лавого расплава. Они не обладают дешифровочными свойствами, отличающими их от лав, туфов и игнимбритов, и поэтому на АС не выделяются.

*Экструзивные купола, обелиски и связанные с ними обломочные породы* индицируют: 1) обособленные скальные останцы округлой (в плане) формы, 2) диаметр основания останцов 0,1—0,3 км, 3) высота останцов изменяется от нескольких метров до первых десятков метров, 4) светлые оттенки фототона; 5) редкие, глубокие борозды на склонах скальных останцов, 6) на вершинах скальных останцов нередко неки, 7) вокруг скальных останцов — каемка грубообломочных пород.

Экструзивные обособления лав, не находящие выражения в формах современного рельефа, практически не дешифрируются.

Купола и обелиски, сложенные экструзивными лавами, обнаруживают близкую пространственную и генетическую связь с породами жерловой фации (рис. 4).

Субвулканическая фация. Е. Б. Яковлева под образованиями субвулканической фации понимает «образования, сложенные вулканогенными породами, формировавшимися при движении лавы к поверхности на некоторой весьма незначительной глубине» [53, с. 119]. Среди них в зависимости от морфологии тел различают дайки, силлы, штоки и др. Форма субвулканических тел находится в прямой связи с их составом (табл. 4).

Таблица 4

Распространенность различных форм субвулканических тел (по Е. Б. Яковлевой)

Состав	Породы	Форма тел			
		Штоки	Дайки	Силлы	Гарполиты, факолиты и другие сложные формы
Кислые	Липаритовые порфиры, липарито-дацитовые порфиры, трахилипаритовые порфиры	Редкие	Встречаются часто, преобладают короткие мощные	Не встречаются	Встречаются очень часто
Средние	Андезитовые порфириты	Встречаются очень часто	Встречаются часто, обычно маломощные, протяженные	Редкие	
Основные	Диабазовые порфириты, базальтовые порфириты, палеодолериты	Редкие	То же	Встречаются очень часто	Встречаются редко (обычно силлы в комбинации с дайками)

На территории вулканических поясов субвулканические образования развиты очень широко и чаще всего представлены телами сложной, неправильной формы и дайками, которые сложены разнообразными по составу породами.

Основными признаками пород этой фации следует считать: 1) округлость, овальность либо гребневидность обособленных форм рельефа, 2) диаметр округлых форм рельефа 0,5—2,0 км, редко 5—10 км, 3) относительная высота изменяется в широких пределах, но редко превышает 200—300 м, 4) греб-

невидные формы имеют протяженность от нескольких метров до первых десятков километров, 5) высота гребней от нескольких метров до 50 м, 6) преимущественно светлые оттенки фототона (большое количество светлоокрашенного щебня, дресвы и мелкозема желтовато-бурого цвета), 7) в основании сопок или гряд — оторочка из обломочных пород с растущими на них кустарниками (рис. 5 и 6; см. фиг. 19, 20, 21).

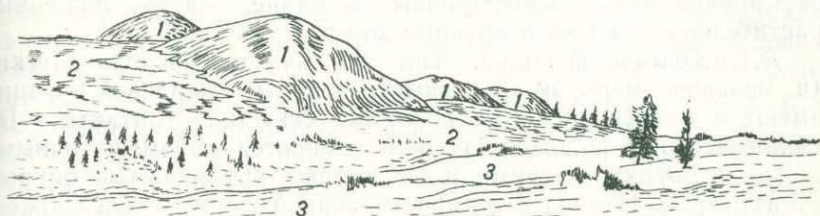


Рис. 5. Характерные формы рельефа, индицирующие выход субвулканических тел на дневную поверхность. Междуречье Яблонь — Бол. Пеледон. Анадырский сектор ОЧВП.

1 — субвулканические интрузии базальтов (поздний мел); 2 — эффузивно-пирокластическая толща кислого состава (сеноман-турон); 3 — эффузивная толща основного состава (турон-сенон)

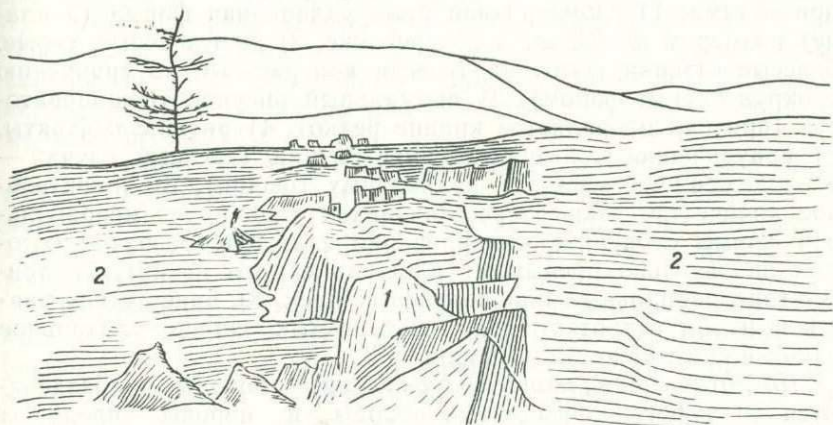


Рис. 6. Позднемеловая субвулканическая дайка базальтов на водоразделе междуречья. Яблонь — Бол. Пеледон. Анадырский сектор ОЧВП.

1 — дайка; 2 — эффузивно-пирокластическая толща

По А. К. Кондратенко и К. В. Кузьмичевой, субвулканическим интрузивным породам свойственна повышенная пористость. В условиях мерзлотных процессов выветривания это свойство пород способствует интенсивному «шелушению» склонов, что находит четкое отображение на АС. Наибольший практический интерес представляют субвулканические тела,

испытывавшие интенсивные вторичные метасоматические и гидротермальные изменения [51]. На АС подобные изменения могут быть установлены по ряду косвенных признаков, что повышает надежность выявления субвулканических интрузивных тел, потенциально перспективных на рудные полезные ископаемые. Субвулканические образования обычно хорошо видны с самолета на фоне в общем-то однообразного ландшафта как светло-окрашенные изометричные в плане, часто лишенные растительности сопки и крупные холмы.

**Жерловая фация.** Так же как и субвулканические (в меньшей мере экструзивные), породы жерловой фации имеют с вмещающими их породами секущие контакты. По геологическому положению они являются промежуточными между субвулканическими и собственно эффузивными образованиями [53]. Наиболее распространенной формой тел, сложенных породами этого типа, являются некки (см. рис. 4), имеющие, как правило, цилиндрическую форму, значительно реже удлиненную, близкую к форме даек. Выявление этих объектов на АС имеет большое практическое значение, так как к ним нередко приурочены проявления самых разнообразных полезных ископаемых.

Породы жерловой фации характеризуются следующими признаками: 1) изометричная реже удлиненная форма (в плане) размером до 0,5 км в поперечнике, 2) светло-серые, серые, белесые оттенки фототона (всегда контрастные по сравнению с окружающим фоном), 3) аномальный рисунок трещиноватости (признак проявляется крайне редко), 4) рвущие контакты, 5) приуроченность к пересечению трещин (частный случай — расположение в «фокусе» радиальных трещин), 6) значительное количество взаимопересекающихся даек и тел неправильной формы субвулканической фации (площадь развития которых значительно превышает площадь самого некка), 7) присутствие радиальных или кольцевых даек, 8) присутствие участков и зон гидротермально измененных пород — локальное изменение вулканогенных пород [53].

*Палеотипные вулканогенно-осадочные* породы подразделяются на туфогенно-осадочные породы и породы — продукты разрушения и переотложения вулканического материала. Распознавание этого типа пород методом дешифрирования связано с большими трудностями и чаще всего хороших практических результатов не дает.

**Гидротермально измененные вулканогенные породы.** Гидротермальные изменения вулканогенных пород проявляются на дневной поверхности по-разному. В одних случаях эти изменения фиксируются аномальной окраской поверхности: ярко-красной, бурой, желтой, черной, реже зеленой. Пятна окраски обычно имеют сложную, причудливую форму в плане. На черно-белых аэрофотоматериалах этими свойствами пород

воспользоваться трудно. Обычно все многообразие цветовых различий на черно-белых аэрофотоснимках выражается лишь аномальным проявлением наиболее светлых оттенков фототона. Однако такой интенсивности фототон нередко может соответствовать и полям развития вулканитов, практически не затронутых гидротермальными изменениями (например, липаритам или дацитам), или объектам другого происхождения (осыпям, обвалам и пр.). Иногда эти изменения не проявляются в цветовой окраске новообразованных пород, а выражаются в аномальных формах рельефа водоразделов и склонов междуречий (бугры, западины, борозды, оползни и пр.). Выявлению гидротермально измененных пород, развитых в области интенсивно протекающих мерзлотных процессов, способствует аномальное (на абс. отм. 600—800 м) появление мелкоземного солифлюксия линейного типа (тонкие извилистые линии и полосы светлых оттенков фототона) в приводораздельном комплексе форм рельефа (см. фиг. 24, 34, 35).

Таким образом, признаками гидротермального изменения вулканогенных пород являются: 1) аномальная (по отношению к окраске неизмененных пород) окраска их поверхности, 2) локальное развитие оползневых склонов, 3) локальное развитие бугров, просядок, западин, скальных обособлений, 4) отсутствие (или угнетение) древесно-кустарниковой растительности), 5) аномальное (по отношению к нормальному склоновому ряду обломочных пород) проявление мелкоземного солифлюксия только для областей развития многолетне-мерзлых пород [103].

С помощью перечисленных признаков на АС можно обнаружить местоположение участков и зон гидротермального изменения вулканогенных пород. Выявить границы этих участков и зон и дифференцировать по составу слагающих их пород с помощью этих признаков не удастся.

**Интрузивные породы.** Обычными признаками интрузивных пород являются отсутствие слоистости, однотонность окраски и сетчатый рисунок фотоизображения [73]. Эти признаки в очень малой степени способствуют дешифрированию интрузивных пород, развитых в пределах вулканических поясов, так как в большинстве случаев на АС этих территорий они не проявляются достаточно четко и однозначно.

Признаки дешифрирования интрузивных пород наиболее неустойчивы. Они изменяются в зависимости от конкретного геолого-структурного положения интрузива, от его физико-механических и петрохимических свойств, их соотношения с аналогичными свойствами вмещающих пород, а также от конкретного проявления денудации и многих других факторов.

Обратимся к опыту дешифрирования интрузивных пород ОЧВП, на примере которого попытаемся сформулировать признаки их дешифрирования.

В пределах Охотско-Чукотского вулканического пояса различают две главные интрузивные формации: гранодиоритовую, преимущественно раннемеловую и позднемеловую формацию субщелочных гранитов. Интрузивные породы этих формаций обнаруживают тесную связь с эффузивами и рассматриваются в качестве единых вулкано-плутонических ассоциаций: гранодиорит-андезитовой или гранит-липаритовой [36]. Подобное обстоятельство в какой-то мере объясняет слабые различия в аэрофотонизображении этих эффузивных и интрузивных образований.

Интрузивные массивы гранодиоритовой формации характеризуются распределением вдоль крупных разломов, параллельных или поперечных, по отношению к общему простиранию пояса, локализацией в виде штоков, лакколитов, неправильных либо пластообразных тел, с весьма разнообразными размерами (некоторые из них достигают размеров, сопоставимых с батолитами) и многофазовостью их становления (ранняя фаза — габбро, габбродиориты и диориты; главная интрузивная фаза — гранодиориты; поздняя фаза — амфибол-биотитовые и биотитовые граниты).

Большая часть таких признаков находит отражение на геофизических картах и очень небольшая часть — на материалах аэрофотосъемки. В какой-то мере дешифрированию гранитоидных интрузий способствуют некоторые свойства слагающих их пород. Гранитоидам этой формации свойственны развитие порфировых и порфировидных структур, повышенная известковистость, низкая щелочность и преобладание натрия над калием. Интрузии гранитоидов обычно сопровождаются многочисленными дайками, однако среди них очень редки аплиты, пегматиты и лампрофиры. С гранитоидами данной формации связывают золотое, молибденовое и полиметаллическое оруденение.

Интрузивные массивы второй формации сложены, как правило, щелочными биотитовыми гранитами, которые образуют штоки или межформационные тела вдоль зон глубинных разломов меридионального направления. С интрузиями щелочных гранитов обычно связаны многочисленные жилы аплитов, пегматитов, аляскитовых мелкозернистых гранитов, а с гранитами этой формации — оловянное, вольфрамовое и редкоземельное оруденения.

Признаки дешифрирования крупных гранитоидных интрузий следующие: 1) преимущественное развитие сглаженных положительных форм рельефа, но с резким обособлением на общем фоне рельефа местности, 2) серый, сравнительно однородный фототон, 3) шагреневый рисунок поверхности (развивается не повсеместно), 4) интенсивное развитие в пределах интрузии нагорных террас и кекуров, 5) наличие интенсивной трещиноватости.

Более уверенному дешифрированию этих объектов способствуют: 1) развитие в обрамлении интрузий осадочных пород, образующих отчетливый контактовый ореол, 2) различие в окраске пород интрузии и ороговикованных пород (последним свойственны более темные оттенки фототона), 3) резкое изменение рисунка фотоизображения (резко расчлененный рельеф развит обычно в обрамлении интрузий), 4) наличие характерных желобообразных понижений рельефа в зоне контакта, реже перегибов на склонах междуречий.

Интрузии гранитоидов, внедрившиеся в лавовые образования, дешифрируются наиболее трудно. Здесь возможны существенные ошибки. В этих случаях дешифрированию интрузий способствуют: 1) меньшая эрозионная расчлененность склонов возвышенностей, сложенных интрузиями, 2) наличие фрагментарной слоистости в лавовых образованиях и характерной (сетчатой) трещиноватости в самих гранитоидах и 3) однородный фототон в полях развития интрузий (см. фиг. 22).

Дайки, жилы и межпластовые залежи дешифрируются главным образом по элементарным формам рельефа: гривкам, грядам, увалам и т. д. (см. фиг. 23). В благоприятных случаях возможно использование контрастных соотношений фототона (темно-серые линии и полосы обычно соответствуют дайкам основного состава, светлых оттенков — дайкам среднего — кислого состава). Однако даже совокупность этих признаков не обеспечивает надежность дешифрирования объектов данного типа, так как аналогичные признаки свойственны не только дайкам, но и пластам крепких песчаников или конгломератов и даже ледниковым образованиям — озам. Только в случаях отчетливой приуроченности гряд, гривок, увалов к соответствующей системе трещин или более крупным разрывным нарушениям, при одновременном, столь же отчетливом проявлении слоистости можно более или менее уверенно интерпретировать эти формы рельефа как индикаторы даек или межпластовых интрузивных образований.

В Курило-Камчатско-Корякской зоне дешифрируемости наряду с мелкими штокообразными интрузиями гранитоидов встречаются крупные интрузивные тела основного и ультраосновного состава. Устойчивых и надежных признаков дешифрирования интрузивных пород основного состава пока не разработано. Поэтому дешифрирование этих пород всегда сопряжено с трудностями. Несколько лучше дешифрируются интрузии ультраосновного состава. По мнению М. И. Терехова, дешифрированию ультраосновных пород способствуют бугристый рельеф поверхности, связанный со своеобразной «брекчиевидной» структурой самих пород, формирующейся под воздействием многочисленных взаимопересекающихся трещин, и отсутствие растительного покрова [42]. На аэрофотоматериалах полям развития этих пород соответствует серый или светло-

серый фототон. Мелкие штокообразные тела и дайки, развитые на территории Корякии, характеризуются примерно такими же признаками, как и в ОЧВП.

Признаки дешифрирования интрузивных пород заметно изменяются при переходе из районов с умеренным проявлением неотектонических движений положительного знака в районы активных неотектонических поднятий. Из всех приведенных признаков в этих районах остается лишь признак различия в окраске (фототоне), но и он не является надежным.

По данным Елович Е. Л. [33], интрузивные породы Сихотэ-Алиня характеризуются следующими признаками: 1) породы кислого и среднего состава — характерным мелко-расчлененным рельефом («лапчатый» или «сельчатый» рисунок фотоизображения), извилистыми, ветвящимися линиями водоразделов, дендритовидным рисунком мелкой речной сети, зависящим в основном от характера трещинной тектоники, 2) породы основного и ультраосновного состава — узкими, островерхими, прямыми и слабоволнистыми водоразделами, крутыми сильно изрезанными склонами (в основном для габброндов), а также узкими, ветвящимися водоразделами (в основном для ультраосновных пород).

**Метаморфические породы.** Среди метаморфических пород вулканических поясов роговики и разнообразные гидротермальные метасоматиты являются наиболее распространенными и важными (с поисковой точки зрения), так как к полям их развития нередко приурочены разнообразные проявления полезных ископаемых. Вместе с тем как внутри вулканических поясов, так и по их периферии встречаются обширные участки территорий, сложенные породами, регионально метаморфизованными (например, метаморфические комплексы п-ова Тайгонос, Срединного массива Камчатки и др.).

Метаморфические породы п-ова Тайгонос представлены архейскими гнейсами, кристаллическими сланцами и кальцифирами, которые образовались в условиях гранулитовой и амфиболитовой фаций регионального метаморфизма, а также мезозойскими сланцами, образовавшимися в интервале от зеленосланцевой до амфиболитовой фации динамометаморфизма [37, 35].

Архейский комплекс смят в широкие плавно замыкающиеся складки, осложненные на крыльях более мелкими линейного типа складками северо-западного направления с размахом крыльев в несколько километров. Мелкая складчатость и плейчатость не характерны [35]. Вследствие того что породы, входящие в архейский комплекс, практически не различаются по устойчивости к выветриванию, внутреннее строение комплекса выявить практически невозможно, за исключением тех случаев, когда в разрезе отмечаются кальцифиры, выделяю-

щиеся на общем монотонном фоне в виде светлых тонких полосок. На метаморфизованных породах формируется среднегорный криогенно-денудационный рельеф. Междуречья среднерасчлененные, с широкими водоразделами. Склоны выпуклые с мощным чехлом рыхлых образований мерзлотного генезиса.

Породы мезозойского метаморфического комплекса смяты в узкие изоклинальные складки северо-восточного простирания. Дешифрирование этого комплекса может быть более успешным. Породы, образовавшиеся в условиях амфиболитовой фации, более устойчивы к процессам выветривания, чем породы, метаморфизованные в условиях зеленосланцевой фации. Поэтому рельеф на менее устойчивых породах сильно расчленен, появляется большое количество мелких ложков и ложбин. Но между породами, метаморфизованными в условиях разных фаций, переходы постепенные, поэтому границы, их разделяющие, могут быть проведены с большой долей условности. Внутреннее строение комплекса на аэрофотоматериалах практически не дешифрируется, так как породы, слагающие его, имеют одинаковую устойчивость к процессам выветривания и отдельные пласты или группы пластов не выражаются в рельефе.

Б. А. Снятков считает, что в условиях Охотско-Чукотского пояса метаморфическим породам свойственны большая расчлененность и наличие ориентировки форм рельефа, которые связаны со слоистым строением пород и их повышенной трещиноватостью [42]. На АО крупного масштаба иногда удается увидеть полосчатый рисунок, обусловленный чередованием пачек лейкократовых и меланократовых пород. Метаморфические породы Камчатки дешифрируются крайне неудовлетворительно. Надежными признаками дешифрирования поля их развития не обладают. Внутреннее строение метаморфических комплексов практически не дешифрируется. По данным Елович Е. Л. [33], метаморфические породы Сихотэ-Алиня на АС в одних случаях сходны с образованиями осадочного комплекса, в других — с интрузивными породами.

Роговики дешифрируются большей частью удовлетворительно (при условии достаточно широкого развития). Им свойственны: 1) «жесткие» формы рельефа, 2) темные оттенки фототона, 3) пространственная приуроченность к полям развития интрузивных пород. В некоторых случаях участки локально развитых роговиков индицируют еще не вскрытые денудацией интрузивные массивы.

В краевых частях Охотско-Чукотского пояса, в зонах сочленения структур пояса со структурами срединных массивов, в слагающих их толщах нередко можно обнаружить субпластовые и секущие инъекции пород эффузивного облика, которым на АС крупного масштаба отвечают редкие, субгоризонтальные «швы», особенно хорошо видимые в крутых склонах

высоких междуречий. В некоторых случаях, по простирацию таких образований, можно увидеть резкое «несоответствие» в условиях залегания осадочных и вулканогенно-осадочных пород, расположенных ниже и выше шва. Подобные зоны являются «свидетелями» выплавления магм кислого состава, быстро застывших в виде «субвулканических магматитов» и магмобрекчий в положении *in situ* или с незначительным смещением. Обнаружение таких явлений имеет важное прикладное значение, так как близ таких участков нередко локализуются разнообразные полезные ископаемые [25].

#### ГРАНИЦЫ ДЕШИФРИРУЕМЫХ ОБЪЕКТОВ

В процессе дешифрирования вслед за обнаружением (опознаванием) объекта изучения наступает необходимость его локализации, т.е. выявления границ развития. Для большинства геологических объектов решение этой задачи означает выявление определенных контактов с соседними объектами, конкретных с ними взаимоотношений.

При экспериментальном распознавании полей с различными текстурами [40] было установлено, что наибольшего эффекта наблюдатель добивается лишь в зоне соприкосновения полей, в зоне их контакта. Все разнообразие геолого-геоморфологических границ можно свести к трем основным типам их выражения на АС (КС): дешифрирующиеся уверенно, неуверенно и практически не дешифрирующиеся.

Признаки границ, дешифрирующихся уверенно: 1) наличие резкого перегиба поверхности (уступ), 2) резкая смена оттенков фототона (цвета) или рисунка фотоизображения, 3) торцовое сочленение элементов текстуры соседствующих участков стереомодели, 4) резкие изменения в строении рельефа, подчеркнутые рубежом речной долины или водораздельного гребня.

Признаки границ, дешифрирующиеся неуверенно: 1) оттенки фототона (цвета) изменяются постепенно, контрастные сочетания отсутствуют, 2) отчетливое изменение рисунка фотоизображения выявляется лишь в крайних его проявлениях, 3) элементы рельефа, такие как уступы, гребни, бровки, борозды, в зоне соприкосновения соседствующих полей изображения отсутствуют.

Признаком недешифрирующейся границы является соприкосновение существенно разных по строению полей фотоизображения, разграничению которых не способствуют ни их текстура, ни элементы строения стереомодели.

Признаки углового и азимутального несогласия: 1) существенно различные углы наклона и азимуты простираания слоев (пачек слоев) в соседствующих полях фотоизображения, 2) торцовое сочленение слоистых структур.

Признаки интрузивного контакта: 1) резкое исчезновение слоистости, 2) присутствие «каймы» ороговикованных пород, 3) наличие зон гидротермально измененных пород, проявляющих тенденцию к линейному, прихотливо изогнутому в плане, расположению, 4) «торцовое» сочленение сетчатого и полосчатого рисунков, 5) резкие перегибы поверхности, 6) наличие отдельных обособленно стоящих холмов, обелисков, горных групп, крутые склоны которых соседствуют со сравнительно пологими поверхностями.

Перечисленные признаки не являются достаточными для принятия правильного решения о взаимоотношениях выявляемых объектов, они могут лишь способствовать выработке той или иной гипотезы, а также наметить наземные участки, где их наиболее целесообразно проверить.

Особо трудно устанавливается граница согласного залегания толщ: признак «параллельности» слоев, расположенных выше и ниже предполагаемого контакта, как показывает опыт дешифрирования, является явно недостаточным.

#### ЭЛЕМЕНТЫ ТЕКТОНИКИ

**Разломы.** Существует ряд обычных признаков дешифрирования разрывных нарушений [73, 4, 5]. Такими признаками являются: 1) нарушение непрерывности дешифрирующихся пластов и пачек пластов, 2) резкая смена рисунка фотоизображения (см. фиг. 28), 3) присутствие жильных или дайковых образований (см. фиг. 21, 22), 4) уступы (перегибы) в рельефе склонов и водоразделов междуречий (см. фиг. 25, 26), 5) прямолинейные (бороздовые) или цепочкообразные понижения в рельефе (см. фиг. 31), 6) прямолинейные и дугообразные участки речных долин или эрозионных ложбин временного стока (см. фиг. 27, 33), 7) приуроченность ряда источников подземных вод к каким-либо линейным компонентам ландшафта, 8) линейное распределение растительных сообществ (см. рис. 14), 9) резкие смещения в плане линейных элементов рельефа (участков гидросети, водораздельных гребней и др.).

Разрывные нарушения чаще всего дешифрируются с помощью двух-трех, реже пяти-шести и очень редко с помощью всех девяти перечисленных признаков. Дешифрирование разрывного нарушения будет тем надежнее, чем большее число его свойств будет проявлено на АС. Данные признаки не составляют специфики фотовыражения разрывных нарушений, развитых только в пределах вулканических поясов. Они интерзональны, т. е. пригодны для выявления разрывных нарушений в самых разнообразных геолого-ландшафтных зонах, в том числе и в пределах вулканических поясов.

Существенную помощь при интерпретации разрывных нарушений, установленных методом дешифрирования АС или КС, оказывают некоторые специфические черты их проявления в геофизических полях. К ординарным признакам этой группы относят: 1) линейное расположение аномалий магнитного и гравитационного полей положительного знака, различной протяженности и амплитуды, 2) цепочкообразное распределение изометричных либо вытянутых локальных повышений магнитного и гравитационного полей, 3) линейно вытянутые зоны относительно пониженного магнитного поля, 4) прямолинейные зоны повышенных градиентов магнитного и гравитационного полей.

Геофизические признаки разрывных нарушений выявляются методом визуального анализа магнитометрических и гравиметрических карт (выполненных как в виде изолиний, так и графиков). Иногда признаки разрывного нарушения могут быть установлены путем вычислений глубины залегания верхней кромки возмущающего тела (выявление скачкообразных изменений в положении этой поверхности) или по резкому уменьшению интенсивности аномалий и расширению их над погруженной частью объекта. Во всех случаях геофизические данные о разрывных нарушениях необходимо последовательно и многократно сопоставлять с данными дешифрирования АС или КС и геологических карт, масштаб которых близок масштабу геофизических карт.

Помимо перечисленных ординарных признаков дешифрирования существуют и специфические признаки. К разряду их следует отнести: 1) линейное распределение наледных полей, фиксирующих выход на поверхность глубинных подземных вод [96], 2) присутствие на склонах и водоразделах между речий линейных зон переувлажнения (линии и полосы преимущественно темных оттенков фототона; частный случай проявлений такого типа: аномальное развитие мелкоземного солифлюксия — линии и полосы преимущественно светлых оттенков фототона) (см. фиг. 34), 3) линейное расположение шлаковых конусов (см. фиг. 14), 4) скопление субвулканических тел неправильной формы в пределах ареалов вытянутой, удлинненной формы (см. приложение III), 5) радиальное и концентрически дуговое расположение линейных компонентов ландшафта (см. фиг. 28), 6) смещение в плане моренных образований (см. фиг. 25), 7) удлинненные, полосообразные очертания полей развития гипабиссальных интрузивных пород (см. приложение III).

При локализации и первичной интерпретации структурных швов, разрывных нарушений и трещин, стремясь каким-либо образом подразделить их по значимости, масштабности явления, следует обращать внимание также и на проявление метрических их свойств. Например, признаками протяженных и

глубокопроникающих разломов являются: 1) значительная протяженность линейных компонентов ландшафта, 2) повышенная их плотность в пределах широкой и протяженной полосы рельефа, 3) приуроченность источников подземных вод к линейным элементам рельефа, 4) сложная, прихотливая конфигурация линейных компонентов ландшафта, 5) преобладание геоморфологических и геофизических признаков-индикаторов, 6) наличие крупных систем оперяющих разломов, ветви которых сближаются и примыкают к полосе рельефа, характеризующейся выше указанными признаками, 7) протяженные прямолинейные участки гидросети (особенно транзитных рек), закономерно наследующие линии определенного направления в смежных бассейнах рек, 8) яркие проявления новейших подвижек (уступы в рельефе, эскарпы, асимметричное развитие пролювиальных конусов в днищах крупных речных долин), 9) линейное разграничение площадей развития крупных участков рельефа.

Менее крупные по масштабу проявления разрывные нарушения характеризуются следующими признаками: 1) хаотическим распределением непротяженных линейных компонентов ландшафта, развитых в пределах ареалов ограниченного размера, 2) слабым их выражением в формах рельефа (за исключением районов современной вулканической деятельности), 3) линиями и полосами преимущественно темных оттенков фототона, 4) приуроченностью линейных компонентов ландшафта к фрагментам геологических структур (крылу складки, участку моноклинали, блоку пород и т. д.), 5) слабым проявлением новейших подвижек вдоль выявляемых линейных зон, 6) отсутствием мощных полей гидротермально измененных пород.

В настоящее время не существует твердых критериев дешифрирования рудолокализирующих или рудоконцентрирующих разрывных структур, которые помогали бы их отделять от транзитных, рудоподводящих. Известны лишь отдельные случаи удачного их дешифрирования, но объектов, выявленных по аналогии (с помощью дешифрирования), пока не установлено.

**Складки, флексуры.** При изучении вулканических поясов методом дешифрирования просматриваются широкие полосы прилегающих к ним территорий, на которых развиты разнообразные складчатые структуры. Такие типы складок иногда встречаются и внутри вулканических полей, в эрозионных окнах или горстообразных выступах фундамента. Однако эти структуры не составляют специфики фотогеологического изучения вулканических поясов. Признаки их дешифрирования широко известны [73, 4, 5].

Среди вулканогенных толщ складчатые деформации представлены главным образом разнообразными моноклиналями,

флексурами и пологими мульдообразными складками (рис. 7, 8). Признаками таких структур служат определенные соотношения пластовых фигур: треугольников, трапеций, полуэллипсов, которые фиксируют наклон отдельных лавовых потоков или покровов. Однако эти признаки не являются до-

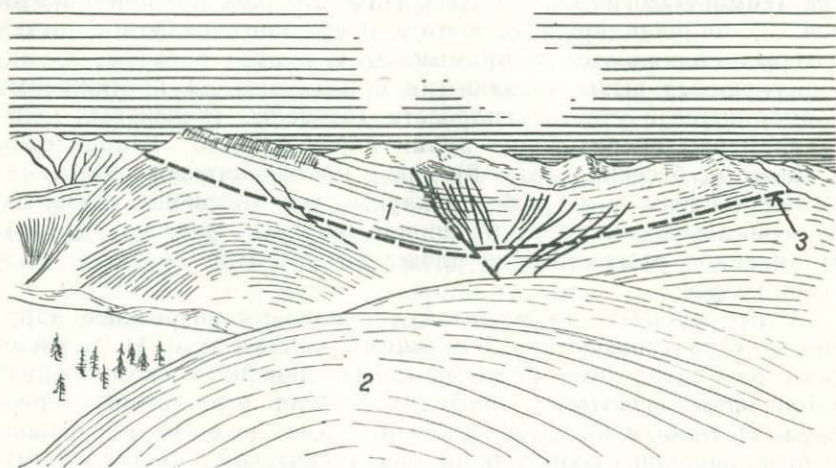


Рис. 7. Пологие складки в вулканогенных образованиях верхнего мела. Междуречье Авдеевская—Прав. Халанкин. Анадырский сектор ОЧВП. 1 — вулканиты основного и среднего состава (туроп—сенон); 2 — вулканиты кислого состава (сеноман—турон); 3 — нарушения

статочными при решении вопроса о присутствии на том или ином участке территории складчатых структур. Дополнительным критерием при дешифрировании складок и флексур служит характер распределения по площади и конфигурации в плане наиболее мощных лавовых потоков и покровов. Прослеживание по площади таких образований помогает реконструировать складчатые деформации в вулканогенных толщах, замаскированные блоковыми подвижками. Наиболее полно и надежно складки и флексуры дешифрируются в пределах средненаклонных, хорошо освещенных склонов высоких междуречий. На таких участках складки и флексуры видны практически полностью и легко интерпретируются соответствующим образом. Существенную помощь при дешифрировании таких объектов оказывают стереоизмерительные приборы, обеспечивающие измерения элементов залегания и трассирование кровли и подошвы пластов на задернованных склонах.

**Вулкано-тектонические структуры.** Современные виды региональных геологических исследований, такие как групповая геологическая съемка (ГГС), аэрофотогеологическое картиро-

вание (АФГК), геологическое доизучение площадей (ГДП) и другие, благодаря охвату значительных по площади территорий, позволяют исследовать многие вулcano-тектонические структуры второго порядка во взаимоотношении друг с другом. Исследования, базирующиеся на изучении материалов

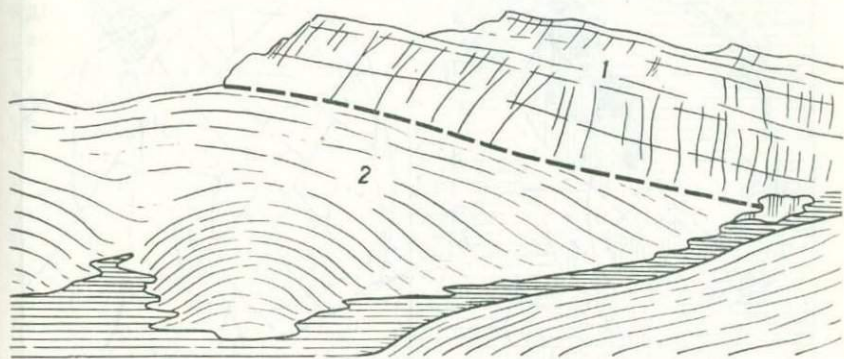


Рис. 8. Крутая моноклираль в верхнемеловых вулканитах. Междуручье Прав. Халанкин — Авдеевская. Анадырский сектор ОЧВП  
1 — эффузивная толща основного и среднего состава (турон—сенон); 2 — эффузивно-пирокластическая толща кислого состава (сеноман—турон)

космических съемок, вызвали к жизни новый вид региональных геологических исследований — космофотогеологическое картирование (КФГК), которое позволяет оперировать вулcano-тектоническими структурами не только второго, но и первого порядка.

Остановимся на характеристике признаков и критериев дешифрирования локальных вулcano-тектонических структур, т.е. структур второго порядка, дешифрирование которых осуществимо как на КС, так и на материалах аэрофотосъемки.

Среди локальных вулcano-тектонических структур выделяются структуры элементарные и сложные [8]. В формировании элементарных структур основную роль играют вулканические факторы. По мере увеличения их размеров и сложности строения возрастает роль тектонических факторов. Поэтому аэрофотографический облик таких объектов составляется фотоизображениями самых разнородных элементов геологического строения вулканических поясов: разломов, субвулканических и гипабиссальных интрузий, вулканогенных, вулканогенно-осадочных и осадочных толщ, гидротермально измененных пород и многих других.

Признаками общего порядка, позволяющими обнаружить вулcano-тектонические структуры на фотоматериалах (или топографических картах), являются: 1) концентрически-радиальное расположение гидросети (рис. 9; см. фиг. 3, 28, 33, 34),

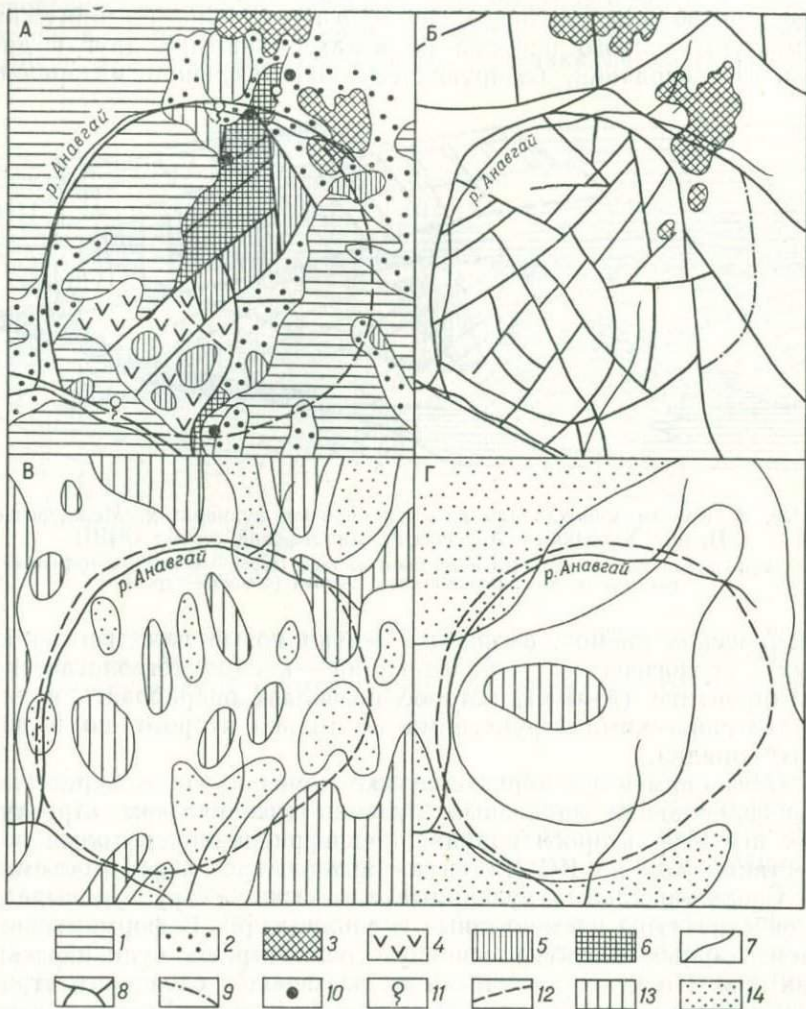


Рис. 9. Критерии распознавания вулканотектонических структур. Анавгайская вулканотектоническая структура (по В. С. Шеймовичу)

А — геологическая схема; Б — схема разрывных нарушений; В — карта аэромагнитных аномалий (по данным Л. А. Ривоша); Г — гравиметрическая карта (по В. И. Бражасву)

1 — плейстоценовые базальты; 2 — неогеновые эффузивно-пирокластические и вулканогенно-осадочные отложения; 3 — плиоценовые игнимбриты; 4, 5 — плиоценовый магматический комплекс; 4 — эффузивные андезиты; 5 — экстрוזии андезитов, дацитов, липаритов; 6 — субвулканические интрузии андезитов, диоритовых порфиров; 7 — геологические границы; 8 — тектонические разрывы; 9 — предполагаемый участок границы структуры; 10 — рудопроявления; 11 — термальные источники; 12 — границы вулканотектонической структуры; 13, 14 — геофизические аномалии; 13 — максимумы; 14 — минимумы

которая фиксирует разрывные нарушения, 2) периклинальное или центриклинальное залегание вулканогенных толщ, 3) концентрация субвулканических интрузий в «фокусе» радиальных разломов либо цепочкообразное их расположение по периферии концентрически-дуговых, 4) выходы пород, слагающих фундамент пояса, 5) концентрированное проявление гранитоидного интрузивного магматизма, 6) дугообразное или кольцевое расположение субвулканических даек (см. фиг. 31), 7) широкое развитие ороговикованных пород, индицирующих местоположение не вскрытого денудацией интрузива (вероятного диапира).

Кальдеры проседания (обрушения) характеризуются следующими признаками: 1) изометричной и мульдообразной формой; 2) диаметром обособления от нескольких до 30—40 км; 3) кольцевым или дугообразным разломным ограничением периферии структуры.

*Вулкано-купольные и интрузивно-купольные* структуры характеризуются: 1) округлой, овальной формой (в плане), 2) диаметром обособления 10—30 км (по длинной оси) и 10—20 км (по короткой оси), 3) центральным расположением интрузивного штока или группы субвулканических интрузивных тел, 4) облекающим интрузивное ядро залеганием вулканогенных толщ.

Вулканоструктуры, как правило, осложнены многочисленными разрывными нарушениями, группирующимися в систему кольцевых сбросов и систему радиальных сбросо-сдвигов. Сбросы и сбросо-сдвиги обычно крутопадающие (плоскости смесителей кольцевых сбросов ориентированы периклинально), с амплитудой вертикального перемещения от нескольких десятков до нескольких сотен метров. Обе системы разрывных нарушений в процессе формирования структур приоткрывались и были использованы внедрениями экструзивного типа. Интрузивно-купольные структуры довольно четко выражаются в современном рельефе. Достигая относительной высоты 500—800 м, они меньше, чем окружающие породы, поддаются денудации (за счет армирующего воздействия центрального штока), огибаются долинами рек и часто хорошо дешифрируются на мелкомасштабных АС. К некоторым структурам такого типа приурочены разнообразные проявления полезных ископаемых [32].

Среди сложных вулкано-тектонических структур наиболее значимы структуры оседания: вулкано-тектонические депрессии, грабен-синклинали и впадины. Однако большая часть таких структур состоит из ряда элементарных. Поэтому мы ограничимся перечислением характерных свойств этих объектов, которые так или иначе находят отражение на АС и КС.

Вулкано-тектоническим депрессиям свойственны: 1) кольцевая (круговая), овальная или полигональная форма (в плане), 2) диаметр изменяется в пределах от 12—15 до 60—80 км (редко до 100), 3) видимая амплитуда опускания верхней кромки

структур достигает 300—700 м (редко 1000), 4) внешняя сторона структур ограничивается фестончатой системой сбросов, 5) внутри контура (реже по его периферии) отчетливо видны просадки (кальдеры), нередко телескопированные, 6) на гравиметрических картах структурам такого типа чаще всего отвечают отрицательные гравитационные аномалии (иногда осложненные в центральных частях локальными слабыми положительными аномалиями силы тяжести в редукции Буге), 7) на картах аномального магнитного поля в районе депрессий протяженные линейные аномалии сменяются мелкими локальными изометричными положительными и отрицательными аномалиями, отражающими, по-видимому, блоковое строение структур такого типа [107].

Грабен-синклинали характеризуются примерно таким же набором признаков, но отличаются гораздо меньшими размерами (10—30×100—150 км), существенной вытянутостью формы (в плане) и резкими ограничениями бортовых частей (чаще всего крутыми структурными швами).

Вулкано-тектоническим впадинам свойственны: 1) округло-овальная форма (реже удлинненно-овальная), 2) диаметр структур, изменяющийся в пределах 5—30 км, 3) центраклинальное залегание вулканогенных толщ, 4) плоское днище и крутые борта, 5) ограничение структур чаще всего тектоническое.

Горст-антиклиналям свойственны: 1) удлинненная и вытянуто-овальная форма (в плане), 2) размер структур, соизмеримый с размером грабен-синклиналей, 3) периклинальное залегание вулканогенных толщ, 4) малая мощность вулканогенных образований (в центральных частях таких структур нередко вскрываются комплексы пород основания пояса), 5) четкое выражение в современных формах рельефа.

Обнаружение, локализация и интерпретация вулкано-тектонических структур существенно облегчаются при использовании среднемасштабных КС и мелкомасштабных топографических карт.

**Неотектонические структуры.** Структуры этого типа обычно отчетливо проявляются в современном рельефе. Они характеризуются различной направленностью и интенсивностью формирующих их движений, надежным индикатором которых является рисунок гидрографической сети [3]. Обычные методики выявления неотектонических структур сводятся к морфометрическому анализу топографических карт. Результаты такого анализа позволяют с разной степенью уверенности оценивать лишь суммарные амплитуды деформаций земной поверхности за неотектонический этап. Дешифрирование АС и КС существенно облегчает оценку интенсивности новейших движений в их современном проявлении. Обычно интенсивность таких движений находится в прямой зависимости от новейших движений и выражается оп-

ределенным сочетанием форм или улавливается отдельными ландшафтными признаками-индикаторами.

В пределах междуречий преобладающими движениями являются поднятия. Выделяются участки интенсивных поднятий, умеренной интенсивности, относительно стабильные участки и участки опускающиеся (или опущенные). Признаками интенсивных поднятий являются наиболее высокое гипсометрическое положение водоразделов, подавляющее развитие деструктивных процессов, отсутствие признаков накопления обломочного материала, скалистые гребни и гребневидные водоразделы междуречий с активными обвальными-осыпными и осыпными склонами, глубокое эрозионное расчленение поверхности междуречий.

Таблица 5

Формы рельефа, отражающие интенсивность неотектонических поднятий

Формы рельефа		Неотектонические поднятия		
		Интенсивные	Умеренные	Стабильные
Водоразделы	Гребни и пики	Характерны		
	Узкие уплощенные		Характерны	
	Широкие уплощенные		Характерны	Характерны
	Поверхности альтипланаии		Характерны	
	Структурные поверхности		Характерны	Характерны
Склоны	Обвальными-осыпными	Характерны		
	Осыпными	Характерны		
	Курумовые		Характерны	
	Солифлюкционными-курумовыми		Характерны	Характерны
	Курумовыми-солифлюкционные		Характерны	Характерны
	Солифлюкционные		Характерны	Характерны
	Шлейфы		Характерны	Характерны

Признаки умеренных движений: полное выражение криосолифлюкционной моделировки рельефа (определяется соотношением интенсивности поднятия с интенсивностью проявления экзогенных процессов разрушения); преимущественное развитие таких участков в пределах среднегорий с относительными превышениями водоразделов над днищами долин в пределах 250—400 м; водоразделы уплощенные узкие или широкие, реже — вершинные поверхности альтипланации и нагорные террасы; преобладают склоны мерзлотного генезиса, причем в приводораздельных частях располагаются курумные крутые склоны, в придолинных частях — пологие солифлюкционные. Признаки стабилизации новейших движений: низкое гипсометрическое их положение (обычно низкогорье с относительными превышениями водоразделов над днищами долин 250—300 м); уплощенные водораздельные поверхности; преобладание пологих поверхностей склонов преимущественно солифлюкционного накопления; формирование долинных педиментов; преобладающее развитие аккумулятивных криогенных форм.

Участкам неотектонических опусканий соответствуют значительные площади депрессий (долы) и прибрежно-морские низменности с характерным мерзлотно-полигональным рельефом.

Преобладающее развитие характерных форм рельефа может являться индикатором интенсивности новейших поднятий в их современном проявлении (табл. 5).

## ФОТОГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ ВУЛКАНИЧЕСКИХ ПОЯСОВ

### ДЕШИФРИРОВАНИЕ ФОРМ И ТИПОВ РЕЛЬЕФА

Процесс геоморфологического дешифрирования условно делится на три стадии: 1) обнаружение на фотоматериалах наиболее отчетливо видимых форм рельефа; 2) выделение типов рельефа (используются АС, фотосхемы или фотопланы и крупномасштабные КС) и 3) детальное изучение форм рельефа в пределах выделенных типов.

В задачу геоморфологического дешифрирования входит получение сведений о степени выраженности в рельефе основных элементов геологического строения, направленности и интенсивности неотектонических движений, о характере покровных образований, их строении и степени воздействия на дешифрируемость коренных пород. В пределах вулканических поясов геоморфологическое дешифрирование вполне эффективно. В районах новейшего и современного вулканизма оно дает особенно хорошие результаты. Большинство вулканических форм рельефа имеют свежий облик и легко распознаются на материалах аэрофотосъемки и КС. Не менее отчетливо в этих районах дешифрируются и другие формы рельефа, не связанные с проявлением процессов вулканизма.

**Дешифрирование форм рельефа.** Возможности дешифрирования форм рельефа определяются масштабом и обзорными свойствами фотоматериалов. Наиболее целесообразно с этой целью использовать АС среднего масштаба в комплексе с фотопланами (фотосхемами) мелкого масштаба или КС крупного масштаба. При дешифрировании форм вулканического рельефа существенную помощь оказывают материалы повторных аэрофотосъемок, а также перспективные фотоснимки. Дешифрирование большинства вулканических форм рельефа не вызывает особых трудностей и сводится к обнаружению на материалах воздушных и космических съемок признаков дешифрирования.

Дешифрирование вулканического рельефа позволяет получить разнообразную информацию о происхождении и развитии многих его элементов, таких как слоистых, насыпных и лавовых вулканов, отдельных лавовых и пирокластических потоков, мааров, кальдер, эруптивных воронок, эскарпов молодых разломов, эффузивно-пирокластических наклонных равнин и многих других.

Обратимся к примеру. На фиг. 29 отчетливо видна слоистость, фиксирующая склоны интенсивно разрушенного сло-

стого вулкана (стратовулкана), сложенного андезитами, андезито-базальтами, базальтами и туфами основного среднего состава. В северной части АС не менее отчетливо видны шлаковый конус и отторгнутый от него поток базальтов, «приспособившийся» к эрозионной рытвине, расположенной на склоне стратовулкана. Подобные соотношения объектов, установленные дешифрированием, не оставляют сомнения в том, что шлаковый конус и связанный с ним лавовый поток возникли значительно позже стратовулкана (лавовый поток затекает в эрозионную ложбину на его склоне). Не обнаружив таких взаимоотношений, обособленный вулканический центр можно было бы интерпретировать не иначе как паразитический, возникший на склонах стратовулкана на завершающих стадиях его развития, т. е. когда стратовулкан еще не испытал воздействия денудации.

В районах древнего вулканизма при дешифрировании форм рельефа возникает насущная необходимость в выделении форм рельефа, группирующихся по высотным поясам.

В зависимости от высотного положения водоразделов или состава слагающих их пород выделяют следующие их категории: 1) гребневидные, 2) узкие, 3) широкие и 4) уплощенные вершинные поверхности. Линии гребневидных водоразделов выделяются успешно (см. фиг. 4, 5). Линии узких и особенно широких (см. фиг. 6) дешифрируются в достаточной мере условно. Вершинные поверхности — относительно выравненные пространства водоразделов, ограниченные линиями бровок от склонов междуречий, дешифрируются по-разному, в зависимости от четкости выражения бровок.

Склоновый комплекс форм рельефа в большей степени отражает специфику процессов, формирующих современный рельеф вулканических поясов. Они дешифрируются чаще всего успешно. Среди них различаются две основные группы склонов — локальные и региональные [86].

К локальным склонам обычно относят гравитационные обвально-осыпные, осыпные и оползневые.

В пределах хорошо освещенных участков обвально-осыпных склонов создаются неплохие условия для дешифрирования слоистых, слабо дислоцированных образований. Теневые участки такого типа склонов просматриваются плохо. Среди обвально-осыпных склонов различаются разновидности с различной интенсивностью расчленения поверхности. Наименее расчлененные поверхности обычно развиты на гранитоидах; наиболее расчлененные — на эффузивных и эффузивно-осадочных, в меньшей мере — на осадочных породах.

Коллювиальные конусы и шлейфы дешифрируются без особого труда по характерной каплевидной форме и крутонаклонной сглаженной поверхности стереомодели. Обычно конусу выше по склону соответствует лоток сноса. В случаях, когда

коллювий поступает со всей поверхности склона, формируются шлейфы подножий (см. фиг. 3).

Осыпные склоны развиты весьма широко. Обычно осыпи занимают всю высоту склона водораздела. Примерно на треть (сверху) такой склон является чисто денудационной формой, остальная его часть — аккумулятивной. Интенсивность проявления процесса осыпания выражается свежестью аккумулятивных форм. Например, растущие коллювиальные конусы и шлейфы подножий характеризуются более светлыми оттенками фототона в вершинах конусов за счет поступления свежих порций обломочного материала. Этот критерий используется и при разделении осыпных склонов на активные и неактивные. Нередко пассивность развития осыпного склона подчеркивается кустарниковой или кустарничковой растительностью и куртинами стланика. На АС такие участки характеризуются либо ровным темно-серым фототонам, либо пятнисто-точечным рисунком фотоизображения.

Оползневые склоны по сравнению с гравитационными распространены менее широко. Они, как правило, локализуются на участках, предрасположенных к проявлению процессов такого типа. Это либо сейсмически активные участки территории, либо ареалы развития крутых моноклиналей и гидротермально измененных вулканических пород. Наиболее интересными оползнями (с точки зрения прикладной геологии) являются так называемые глубинные (оползание скальных пород по скальным), поскольку они являются признаками-индикаторами гидротермально измененных пород — потенциальных объектов оползания (рис. 10). Такие типы оползания чаще всего приурочены к полям развития вулканогенных, реже осадочных пород. Отмечаются случаи оползания более крепких пород по менее крепким.

Как частное проявление осыпных или обвально-осыпных склонов можно рассматривать эрозионные. Они обычно формируются на тех участках речных долин, где активно проявляется боковая эрозия. Эти типы склонов на АС сравнительно легко отделяются от вышерасположенных участков междуречий четким выпуклым перегибом поверхности; от участков склонов, находящихся на той же высоте, они отличаются с большим трудом.

Специфические процессы рельефообразования в пределах вершинного и склонового комплекса форм рельефа определяют развитие региональных склоновых процессов. Например, в субарктической зоне получили широкое развитие склоны мерзлотного генезиса: курумовые, солифлюкционно-курумовые, курумово-солифлюкционные и солифлюкционные (см. рис. 7). В прибрежно-морской полосе этой зоны на расстоянии 50—70 км от береговой линии, которая является ареалом влияния морского климата муссонной области высоких широт, преимущественным развитием пользуются делювиальные склоны [84].

Курумовые склоны в субарктической зоне — типичное явление, наиболее полно отвечающее характеру физического (грубо-обломочного) выветривания горных пород в этих условиях. Виды проявления курумовых склонов, их плановые очертания весьма многообразны. В общем виде их распространение харак-

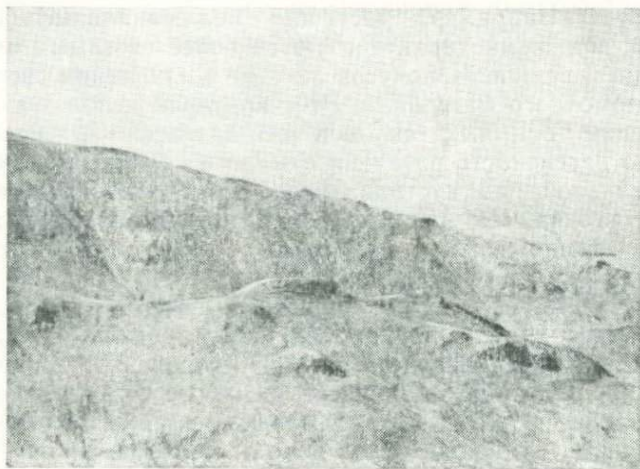


Рис. 10. Оползневые явления на склонах междуречий, сложенных гидротермально измененными вулканогенными и вулканогенно-осадочными породами плиоцен-четвертичного возраста. На фоне региональных криогенно-солифлюкционных склонов локальные оползневые склоны выглядят нормальными, легко распознающимися

теризуется тем, что в предгорьцовой зоне курумы опоясывают вершины водоразделов, испытывая при этом значительные колебания высоты нижней границы своего развития. На более низких гипсометрических уровнях площадное развитие курумов сменяется пятнистым. На АС каменные поверхности курумовых склонов видны отчетливо, благодаря светлому фототону и пятнисто-точечному рисунку, которые по сравнению с аморфными рисунками другого типа склонов выглядят особо контрастными.

Солифлюкционно-курумовые склоны пользуются наибольшим распространением. При дешифрировании таких склонов особое внимание следует уделять анализу распределения растительности: появление растительно-дернового покрова, развитого на каменистых грунтах, указывает на развитие именно такого типа склонов.

Курумово-солифлюкционные склоны большей частью при-

урочены к низко- и среднегорным участкам междуречий. При дешифрировании объектов этого типа прежде всего следует анализировать именно эти участки стереомодели.

Солифлюкционные склоны справедливо считают типичными формами низкогорных междуречий. Именно на эти участки при дешифрировании АС следует обращать внимание в первую очередь. Почти полное отсутствие растительности и характерная «полосчатость» рисунка фотоизображения способствуют достаточно уверенному их выделению на фотоснимках.

Делювиальные склоны приурочены большей частью к прибрежной полосе моря, где в условиях морского муссонного климата создаются предпосылки к выпадению значительного, повышенного, по сравнению с континентальными районами, количества осадков.

При дешифрировании этих форм рельефа в первую очередь следует обращать внимание на наиболее пониженные участки междуречий. При пересечении склонов этого типа образуются сглаженные, узкие линии водоразделов. В некоторых случаях их обнаружению и локализации на АС содействуют делювиальные шлейфы подножий, которые связаны с ними коррелятивно. В других случаях, когда таких шлейфов нет, делювиальные склоны дешифрируются с большим трудом (обычно на АС им отвечают участки ровного серого фототона).

Речные формы рельефа имеют важное значение в геоморфологическом строении поверхности вулканических поясов и к их выделению необходимо подходить с особой тщательностью, так как, с одной стороны, изучение этих форм помогает восстановить историю формирования рельефа, с другой стороны, аллювиальные отложения, слагающие их, в благоприятной металлогенической обстановке потенциально перспективны на обнаружение россыпей. Прослеживание на материалах аэрофотосъемки днищ долин от самых верховьев к устью позволяет с достаточной определенностью выделять не только сами формы рельефа, но дает возможность судить и о стадии развития разных участков долин [59], степени развития русловых процессов, их транзитной способности, о соотношении русловых и склоновых процессов, которое определяет связь коренных источников с россыпями и возможность их формирования.

В верховьях долин низкая пойма, как известно, появляется не сразу, а лишь на некотором расстоянии от истоков, когда водность руслового потока увеличивается настолько, чтобы сформировать поверхность поймы. До этого предела русло занимает тальвег эрозионных ложбин и характеризуется значительными уклонами. В этих условиях происходит максимальное влияние подстилающих пород на продольный профиль и строение русла, на питание аллювия материалом из склонового чехла. Ниже по течению это влияние не столь очевидно и труднее поддается дешифрированию. Вдоль долины на аэрофото-

снимках отчетливо различаются между собой поверхности пойменных и надпойменных террас.

Высокая пойма отделяется от низкой уступом, который нередко на АС виден плохо. В таких случаях выявлению этой формы способствуют характерный светлый фототон, который отвечает сухим, покрытым ягелем поверхностям, и точечно-струйчатый рисунок изображения (кустарники и отмершие протоки). В бассейне р. Пенжины, например, дешифрируются лишь фрагменты поверхности I надпойменной террасы, которая имеет слабую сохранность и опознается лишь в случае четкой ее морфологической выраженности. В то же время в долинах Корякии можно выделять террасовый ряд, насчитывающий до 6—8 уровней. Разделение участков террас на цокольные и аккумулятивные возможно при изучении крутых эрозионных уступов. Наиболее крутым и четким уступам, вероятно, отвечают выходы коренных пород. В пределах днища долин АС позволяют выделять наледные поляны. Признаком их присутствия служит резкое расширение днища, в пределах которого русло реки или ручья разбивается на сеть мелких протоков, разделяющих поверхность поймы на невысокие «острова». В зависимости от времени производства аэрофотоснимков можно наблюдать остатки наледи по ярко белому фототону. Выделение на аэрофотоснимках конусов выноса обычно не представляет особых трудностей благодаря лопастной или треугольной форме и веерообразному струйчатому рисунку фотоизображения, что характерно для наиболее «молодых» форм. Более древние конуса выноса, как правило, имеют более крупные размеры и приурочены к устьям постоянно действующих притоков главной долины, русловой поток которой часто подрезает основание таких конусов. В результате подобный конус можно принять за фрагмент террасы, если бы не характерный хорошо видимый на АС неясно струйчатый рисунок растекания на его поверхности.

Нередко отдельные участки главных долин сопровождаются пролювиальными шлейфами, образовавшимися в результате слияния серии конусов, каждый из которых сохраняет свои морфологические черты (см. фиг. 26).

Ледниковые формы рельефа встречаются в разных районах вулканических поясов и их выделение на АС производится достаточно успешно. Наибольшую трудность представляет аргументация в пользу обоснования возраста ледниковых аккумулятивных форм, который нередко основывается лишь на степени сохранности форм. В Корякском нагорье, где имеется несколько центров современного оледенения, благодаря характерной форме выделяются кары и ледниковые цирки (см. рис. 5), переходящие в трюги; в днище трюгов наблюдаются языки морен. В горных районах, где современные ледники не развиваются, в осевых частях наиболее высоких междуречий наблю-

даются подобные же экзарационные и аккумулятивные формы, представленные каменными глетчерами.

Хорошо дешифрируются формы поздней стадии верхнечетвертичного оледенения, имевшего горно-долинный характер. Распространение ледников этой стадии не превышает первых десятков километров от областей питания и ограничено четкими дугообразными грядами конечноморенных валов, перегораживающих днище долины (см. фиг. 26). Морены имеют холмисто-западинно-грядовый рельеф, осложненный многочисленными термокарстовыми озерными котловинами. Несколько труднее отдешифрировать границы аккумулятивных форм ранней стадии верхнечетвертичного оледенения, имевшего значительно большее площадное распространение. Эти формы имеют слабую сохранность, благодаря длительному воздействию на них мерзлотных и эрозионных факторов денудации. В небольших межгорных депрессиях моренный рельеф переработан солифлюкционными процессами, отчего приобрел сглаженные черты полого-холмистых равнин с редкими термокарстовыми озерами. В их пределах четко выделяются узкие извилистые озовые гряды. В долинах сохраняются лишь фрагменты боковых морен ранней стадии, прислоненные к их бортам. Остальная часть морен уничтожена склоновыми и главным образом эрозионными процессами.

Более древние ледниковые формы (среднечетвертичные) выделяются на снимках весьма условно и должны непременно подтверждаться полевыми наблюдениями. Они встречаются на абсолютных отметках плоских водоразделов 600—800 м в виде останцов полого-холмистой поверхности (со скоплением на них эрратических валунов), существенно переработанной солифлюкционными процессами, которая дешифрируется по аномальному появлению мелкоземельного солифлюксия на вершинных поверхностях низких уровней рельефа.

Наряду с моренными формами рельефа в днищах долин дешифрируются флювиогляциальные террасы соответствующих стадий верхнечетвертичного и современного оледенений, образованные в период сохранения ледников. Признаками их выделения являются более высокое положение поверхности, по сравнению с аллювиальной I подпойменной трассой, относительно светлый ее фототон и характерный для прибрежной части ячеистый рисунок, который дает сеть мерзлотных полигонов.

Формы прибрежно-морского рельефа развиты вдоль берегов дальневосточных морей и представляют определенный интерес в связи с перспективностью отложений на обнаружение прибрежно-морских россыпей. Полоса пляжей прослеживается узкой полосой вдоль береговой линии, переходя в современную аккумулятивную террасу. Современные террасы обычно располагаются во внутренних частях бухт и лагун и дешифрируются по характерному параллельно-грядовому рельефу штормовых

валов. Более древние морские террасы также имеют хорошую морфологическую выраженность. С ними сочленяются соответствующие уровни аллювиальных террас. Со стороны моря морские террасы ограничены абразионным уступом, переходящим в абразионный склон или в полосу клифа.

Дешифрирование водораздельных и склоновых форм рельефа на территории мезо-кайнозойских вулканических поясов целесообразно выполнять в следующей последовательности: 1) на фотопланах (фотосхемах) мелкого масштаба или КС крупного масштаба выделяют участки территории, предрасположенные к проявлению того или иного рельефообразующего процесса, 2) с помощью признаков-индикаторов форм рельефа на АС среднего масштаба детализируют выделенные ареалы, стремясь уточнить естественное разграничение изучаемых комплексов форм рельефа, 3) используя критерии дешифрирования наиболее важных (с точки зрения прикладной геологии) форм рельефа, производят первичную интерпретацию выделенных объектов, оценивая их картировочное или поисковое значение.

**Дешифрирование типов рельефа.** Материалы воздушных и космических фотосъемок позволяют достаточно хорошо различать типы рельефа, обладающие некоторой морфогенетической совокупностью форм рельефа, что при крупномасштабном геологическом картировании отвечает выделению основных единиц геоморфологического районирования. В основе физиономического видоизменения рельефа лежит активность проявления экзогенных процессов, предопределенная новейшими тектоническими движениями и различиями в составе литогенного субстрата.

В пределах вулканических поясов выделяются три главных типа междуречий: высокие, средние и низкие. В пределах высоких междуречий преимущественно развит высокогорный альпинотипный рельеф, дешифрирование которого благодаря характерным формам рельефа (гребням, карам, ледниковым циркам, обвально-осыпным и осыпным склонам и пр.) не вызывает трудностей (см. фиг. 4). Оконтуривание полей его развития также выполняется успешно, поскольку этот тип рельефа заметно возвышается над междуречьями других типов.

В районах среднегорий чаще всего встречаются эрозионно-денудационный и криогенно-денудационный типы рельефа.

Эрозионно-денудационный рельеф имеет преимущественное распространение. Особенно широко этот подтип рельефа развит в вулканических поясах Охотско-Чукотской области и Камчатки. Он достаточно хорошо выявляется на АС мелкого и среднего масштаба по глубокому расчленению междуречий, отличается гребневидным водоразделом, крутым преимущественно осыпным и эрозионным склоном, коллювиальным и пролювиальным шлейфом подножий (см. фиг. 3).

Криогенно-денудационный рельеф среднегорий имеет преимущественное распространение в субарктической зоне и на Камчатке. Для данного типа рельефа характерно подавляющее развитие форм мерзлотного генезиса, которые обнаруживаются практически и в пределах вершинного, и склонового, и долинного комплексов форм рельефа. Наряду с широкими и узкими сглаженными водоразделами в пределах этого типа рельефа формируются вершинные поверхности альтипланаии. Подавляющее число склонов развивается в результате проявления таких мерзлотных процессов, как курумообразование и солифлюкция (см. фиг. 22).

На АС и КС этим типам рельефа чаще всего отвечают светлые оттенки фототона (теневые участки склонов в расчет не принимаются), отвечающие широко здесь развитым каменным поверхностям.

Низкогорный криогенно-денудационный рельеф наиболее широко представлен в основании массивов среднегорного и альпинотипного рельефов и определяется по сглаженным, широким водоразделам и пологим мерзлотным склонам (см. фиг. 6).

Депрессии (долы) и прибрежно-морские низменности дешифрируются без особого труда. Наиболее успешно эти типы рельефа выделяются с помощью КС. В пределах депрессий отчетливо видны формы проявления мерзлотных процессов: бугры пучения, термокарстовые и солифлюкционные образования, полигональный рельеф, польньи, наледи и тарыны [65].

Аккумулятивный рельеф включает комплексы форм речной, морской и ледниковой аккумуляции разной степени сохранности и имеет хорошую выраженность на АС. Наибольшим распространением аккумулятивный рельеф пользуется в пределах низкогорных и депрессионных участков территории.

## ДЕШИФРИРОВАНИЕ ГОРНЫХ ПОРОД

**Рыхлые и уплотненные породы.** Дешифрирование этих пород в районах древнего вулканизма не связано с особыми трудностями и равноценно дешифрированию их в любых других геолого-ландшафтных условиях Дальнего Востока. Методика их дешифрирования детально описана в руководствах по применению материалов аэрофотосъемки [4, 5, 33, 42, 73].

Не менее уверенно дешифрируется этот комплекс отложений и в областях молодого и современного вулканизма, но вблизи и на некотором удалении от действующих вулканов нередко формируются специфические комплексы рыхлых и уплотненных образований.

Скопления тефры на дневной поверхности чаще всего встречаются в виде мощного (до 7 м) хорошо слоистого чехла [63], сложенного рыхлыми продуктами древних извержений (среди них присутствуют горизонты погребенных почв), и в виде не-

выдержанного по мощности слоя, состоящего из вулканического гравия песка и пепла современных извержений. При дешифрировании полей развития пород этого типа прежде всего следует обращать внимание на проявление слоистости. С этой целью необходимо использовать АС крупного масштаба либо увеличенные в 2—3 раза АС среднего масштаба. Обнаружив на АС «кружевное» строение поверхности, необходимо более внимательно присматриваться к положительным формам рельефа (особенно к вершинам холмов и промоннам на их склонах). В некоторых случаях удается отчетливо увидеть тонкую слоистость, облекающую неровности подстилающего рельефа. Оконтуривание полей развития пород этого типа осуществляется с помощью кружевного рисунка фотонизображения и светлых оттенков фототона. Особенно удачно дешифрируются скопления тефры современных извержений, поскольку на АС они характеризуются наиболее светлыми (за исключением ледников и снежников) оттенками фототона (см. фиг. 9).

Отложения пирокластических потоков дешифрируются менее уверенно (см. фиг. 7). При обнаружении и локализации полей развития пород этого типа целесообразно использовать главную особенность их образования — исключительную подвижность обломочного материала, который подобно жидкости способен затекать в любые понижения эродированной поверхности, нивелируя ее неровности. Поэтому полям их развития чаще всего свойственна удлинённая или языкообразная конфигурация в плане. Значительно сложнее породы этого типа обнаружить и локализовать в пределах наклонных равнин, сложенных разнообразными (в генетическом отношении) образованиями. В какой-то мере в этом случае их дешифрированию содействует фототон, наиболее светлый по сравнению с другими породами (за исключением ледников и снежников). Наименее уверенно дешифрируются фронтальные части этих потоков; очень часто их путают с грязе-каменными потоками (лахарами).

Отложения раскаленных лавин (см. фиг. 36) дешифрируются относительно просто благодаря закономерной приуроченности к подножиям растущих экструзивных куполов (в основании склонов экструзий, прекративших свое развитие, они перекрыты гравитационными образованиями). Скопления обломочных пород такого типа не обладают характерными формами локализации на последующих стадиях развития рельефа. Они заметно видоизменяются, а иногда и полностью утрачиваются под воздействием факторов не вулканического происхождения.

Отложение направленных взрывов (см. фиг. 7, 8) дешифрируются увереннее, чем отложение пирокластических потоков. Однако без изучения всей площади, занятой этими образованиями, особенно участков, примыкающих непосредственно к эпицентру взрыва, можно допустить серьезные ошибки. Отло-

жения направленного взрыва могут быть приняты за моренные [34], а в некоторых случаях и за эффузивные (лавовые) образования. Наиболее свежие генерации взрывных образований дешифрируются лучше, благодаря аномально светлым оттенкам фототона (см. фиг. 7), более ранние по времени образования — несколько хуже (см. фиг. 8).

При дешифрировании взрывных образований (генезиса, состава, времени образования и ареала распространения) следует учитывать некоторые их свойства: во-первых (см. фиг. 7), характерные взаимоотношения обломочных пород этого типа с подстилающей их поверхностью — породы залегают большей частью облекая неровности и в меньшей мере, нивелируя их, во-вторых, признаки самотечения грубообломочного материала во фронтальной части отложений направленного взрыва, проявляющиеся в виде дугообразно изогнутых валов, образующихся после остановки движения основной массы материала [27], перенесенного взрывом по воздуху и в приповерхностной зоне (см. фиг. 8).

Характерной чертой вулкано-терригенных отложений является обильное содержание мелкозема (рыхлого заполнителя), плохая сортированность грубообломочного материала и сложное сочетание разнообразных генетических типов пород, проявляющих тенденцию к образованию сложных, полигенных комплексов. Поверхности этих отложений практически лишены древесно-кустарниковой растительности.

Отложения грязе-каменных потоков (см. фиг. 7) дешифрируются в целом неплохо; поля развития в большинстве случаев обнаруживаются уверенно. Границы дешифрируются хуже, а в местах сочленения с отложениями пирокластических потоков практически не дешифрируются. В ряде случаев отмечается центральный желоб, рассекающий поверхность грязе-каменного потока в продольном направлении. По истечении непродолжительного времени поверхность отложений грязе-каменного потока подвергается интенсивному микроэрозионному расчленению.

Отложения «сухих» рек дешифрируются большей частью уверенно. Особенно хорошо они дешифрируются в руслах временных водотоков или на участках «сухих» дельт. Поскольку для вулканических районов [56] наиболее характерен дельтовый тип локализации, дешифрирование этих отложений особых трудностей не вызывает: форма, размер, цвет (фототон) — надежные признаки выявления этих отложений. В долинах временно действующих водотоков отложения «сухих» рек слагают обычно серию локально развитых террас, высота которых редко достигает 10 м. В устье таких водотоков развивается субаэральная дельта.

Моренные отложения (см. фиг. 2, 4, 26) дешифрируются большей частью уверенно и с большими подробностями. Поля

их развития обнаруживаются хорошо; границы дешифрируются четко и на значительном протяжении. Однако в высокогорье, там, где много снега и льда, моренные образования дешифрируются заметно хуже, а нередко не дешифрируются совсем (см. фиг. 37). В районах современной вулканической деятельности следует быть очень осторожным при решении вопроса о принадлежности тех или иных образований к моренам современных ледников, так как некоторые из них обладают признаками, сходными с признаками лавовых потоков. Только детальное, скрупулезное прослеживание таких образований до зоны сочленения с фронтальной частью современного ледника может решить окончательно этот вопрос. Морены верхнечетвертичного оледенения дешифрируются в целом также неплохо. Обычно они в районах современного вулканизма всегда в той или иной мере перекрыты чехлом почвенно-пирокластических образований (см. фиг. 9). Этот чехол отложений не только не маскирует, но, наоборот, способствует более уверенной диагностике на АС такого типа образований, поскольку в этом случае образуются многочисленные суффозионные воронки, просадки грунта, бессточные озерные котловины и многое другое, определяющееся развитием мерзлотных процессов в мелкоземных грунтах (моренные суглинки в данном случае выполняют роль водопупора).

Озерные и водно-ледниковые образования в районах современной вулканической деятельности практически не дешифрируются, так как их первичные формы локализации обычно очень значительно переработаны последующими процессами вулканической деятельности.

Обвально-оползневые образования дешифрируются уверенно лишь в тех случаях, когда первичная форма их накопления не нарушена последующими процессами развития рельефа, а связь с нишей отрыва еще не утрачена. Во всех остальных случаях эти образования чаще всего при дешифрировании АС пропускаются.

Дешифрирование рыхлых и уплотненных пород, с целью выявления их генезиса, состава и времени образования правильнее начинать с просмотра обзорных фотоматериалов или КС крупного и среднего масштабов. Однако основная работа обычно выполняется на АС среднего и крупного масштабов. Экспериментальные работы, выполненные автором в процессе фотогеологического изучения некоторых районов Ключевской группы вулканов, показали явную целесообразность использования при дешифрировании пород этого комплекса АС среднего масштаба, увеличенных в 3—4 раза.

При тщательном анализе фотоизображения в большинстве случаев удается обнаружить местоположение, выявить границы полей развития, определить генезис и установить последовательность их образования. Дешифрирование вещественного

состава пород этого комплекса хороших практических результатов не дает.

**Плотные (скальные) породы.** Дешифрирование этих пород в условиях вулканических поясов связано с определенными трудностями, которые объясняются как свойствами самих объектов изучения, так и экзогенных компонентов ландшафта. Большинство горных пород вулканических поясов (породы фундамента в данном случае в расчет не принимаются), как правило, монокромны, различие в физико-механических свойствах основных их типов минимальны, избирательное проявление трещиноватости наблюдается крайне редко, породы очень часто интенсивно дислоцированы и гидротермально изменены.

Экзогенные проявления ландшафта чаще всего выполняют маскирующую роль: на склонах и водоразделах развит довольно мощный чехол рыхлых образований, большая часть территории покрыта высокоствольной таежной и широколиственной растительностью, а там, где она разреживается и даже исчезает, вступает в силу маскирующее влияние многолетней мерзлоты. Все это на некоторых участках усугубляется развитием альпинотипного и эрозионно-денудационного типов рельефа, в пределах которых селективная денудация проявляется крайне неудовлетворительно.

Анализ АС (в меньшей степени КС) с целью обнаружения, локализации и интерпретации скальных пород основан на изучении различий физических свойств этих объектов. К основным физическим свойствам горных пород относят: плотность, магнитную восприимчивость, удельное электрическое сопротивление и скорость распространения продольных и поперечных волн [99]. Среди них, пожалуй, только плотность наиболее полно отражает вещественный состав горных пород, их структурно-текстурные особенности и диагенез.

Для скальных пород Дальнего Востока характерны следующие значения средней плотности (в г/см<sup>3</sup>): интрузивные породы — сиениты 2,62, граниты 2,57, гранодиориты 2,69, диориты 2,81, габбро 2,95, перидотиты серпентинизированные 2,90; эффузивные породы — липариты 2,36, андезиты 2,17, базальты 2,45—2,22, андезито-базальты 2,72; метаморфические породы — амфиболиты 2,90, кварциты 2,62, роговики 2,65.

Сопоставление средних значений плотности пород (для интрузивных 2,57—2,95, эффузивных 2,17—2,72, метаморфических 2,62—2,90) позволяет сделать вывод о том, сколь незначительны ее различия в крайних значениях для трех основных групп пород вулканических поясов. Это обстоятельство в большинстве случаев усугубляется значительной выветрелостью большинства дешифрируемых скальных пород, поскольку известно, что плотность всех выветрелых пород уменьшается независимо от их состава.

Дешифрируемость скальных пород зависит также от яркости, которая определяется коэффициентом отражения их поверхности и коэффициентом «внутреннего» рассеяния.

Согласно Ю. С. Толчельникову [95], кислые разности изверженных пород обладают более высокой отражательной способностью, чем средние, а последние характеризуются более высоким коэффициентом яркости, чем породы основные и ультраосновные. Коэффициент яркости монолитных пород выше, чем тех же пород в крупнообломочном состоянии, причем измельчение крупнообломочных пород до определенного размера на их яркость не влияет. Однако яркость рыхлого мелкообломочного материала с уменьшением размера частиц возрастает. Яркость монолитных, не впитывающих влагу плотных горных пород при смачивании практически не изменяется, в то время как у пористых литифицированных и рыхлых горных пород при увлажнении до полной полевой влагоемкости она снижается в среднем примерно вдвое.

Поскольку в пределах вулканических поясов встречаются большей частью не монолитные, а в той или иной степени измельченные скальные породы (курумы) и, как правило, существенно увлажненные, то и характеристики яркости этого типа пород не являются фактором положительным.

Возможности дешифрирования скальных пород различны для разных районов вулканических поясов. Наиболее благоприятные условия дешифрирования скальных пород создаются в районах молодого и современного вулканизма. Здесь проявляются многие коррелятивные связи между составом продуктов вулканической деятельности и формой их локализации на дневной поверхности, например, стратовулканы — преимущественно андезитовый состав продуктов извержения, щитовые вулканы — наиболее вероятны базальтовые или андезито-базальтовые лавовые изменения, экструзии или отложения направленных взрывов — наиболее вероятно извержение вязких лав среднего или кислого состава и т. д. Известно, что обогащенные кремнекислотой лавы образуют более короткие и более мощные потоки, а недосыщенные ею нередко слагают потоки длиной в несколько десятков километров. На длину лавовых потоков влияют не только внутренние факторы, например, насыщенность кремнекислотой и газами, но и внешние — объем извергаемой лавы, уклон ложа, климат, время года, рельеф и растительность. Поэтому при одинаковой вязкости лавовых потоков она может существенно варьировать. Тем не менее использование функциональной зависимости между насыщенностью лав кремнекислотой и степенью их текучести для диагностики состава лавовых образований вполне возможно, но лишь при условии минимального воздействия внешних факторов на продвижение лавовых потоков.

Способ определения примерного состава лав основан на дешифрировании (обнаружении и измерении длины пробега) так называемых «единиц потока» — flow-units. Термин flow-units введен в литературу Николсом [110] для обозначения языкообразных структур в пределах единого лавового потока. В поперечном сечении единицы потока имеют форму небольших линз, располагающихся одна над другой. Значительно позже этот термин использовали Уэнтворт и Макдональд [111] при описании структур в базальтовых лавах Гавайских вулканов. Использование единиц потока в качестве индикатора количества кремнекислоты в лавовом потоке предложено А. А. Розенкранцем [78].

Процесс образования единиц потока описан Г. Тазиевым, наблюдавшим извержение вулкана Китуро (Западная Африка). Им отмечалось, что продвижение фронтальной части лавового потока шириной почти в километр осуществлялось последовательным выдвиганием отдельных отчетливо видимых выступов или языков. Иногда один из таких выступов долго оставался в неподвижности или потому, что рельеф почвы создавал препятствие, или потому, что подача материала сверху приостанавливалась. После непродолжительной остановки лавового потока в той или иной точке его фронта лава вдруг начинала течь и, пройдя какое-то расстояние, вновь приостанавливала свое движение. В других случаях под наплывом новой порции лавы раскаленный очаг (внутри лавового потока) как бы вздувался, вытягивался и, неожиданно вытолкнув «протуберанец», изливался языком огненно-вязкой лавы [93].

Единицы потока фиксируются на местности либо последовательной серией мелких потоков, бегущих перед фронтом основного лавового потока, либо «протуберанцами», вырывающимися с флангов (см. фиг. 30).

При исследовании базальтовых лав Камчатки было замечено, что базальты, слагающие вулканическую группу Терлук, отличаются от кварцсодержащих базальтов вулкана Кэбеней не только общей длиной лавовых потоков, но и внутренним строением, характером отдельности лав и главным образом различной длиной единиц потока (на Терлуке до 100 м, на Кэбене не более 150—200 м, несмотря на большую крутизну его склонов). Единицы лавовых потоков на вулканах Терлукской группы представляют собой узкие (от нескольких десятков до 150—300 м), длинные (до 1000 м) ступени с плоской поверхностью, причем каждая ступень ограничена с боков и фронта сравнительно крутыми склонами. В конце каждой ступени возвышается конечный фронтальный вал, фиксирующий временную остановку потока и состоящий из нагромождения лавовых глыб, а по бокам каждая ступень ограничена боковыми валами, обычно наиболее высокими у более ранних единиц потоков. Из-под верхней ступени, ниже конечного вала, прослеживается

продолжение потока в виде гипсометрически более низкой ступени, представленной то одним, то несколькими лавовыми «ручейками». Уступы отчетливо дешифрируются даже на мелкомасштабных аэроснимках. На снимках терпукских потоков прекрасно видны микроформы их рельефа в виде отчетливого частого чередования тонких темных и более широких светлых линий и полос дугообразной формы, расположенных в пределах потока. Линии и полосы светлых оттенков фототона соответствуют поперечным валам, темных — понижениям между ними. Нередко фиксируются и боковые валы в виде тонких светлых полос вдоль боковых границ потоков. На местности эти валы прослеживаются вдоль потоков и состоят из нагромождения плит лавовых корок, либо вертикальных, либо запрокинутых на вал.

Таким образом, лавы вулканов Терпукской группы нередко текли как бы в узких желобах. На вулкане Кэбенеи единицы потоков слагают короткие широкие ступени, возвышающиеся друг над другом на 3—5 м. Поверхность ступеней более ровная, имеет ширину и длину 100—200 м.

При сопоставлении длин единиц потока с результатами химического анализа лав выяснилось, что базальты вулкана Терпук содержат 48,5—49,3% кремнекислоты, а вулканы Кэбенеи 54,0—54,4%. Единицы потоков обнаружены на Анауне, Чейнгейнгеине, Будули, Толбачике и многих других вулканах Камчатки. Например, на вулкане Толбачик, лавы которого содержат немногим более 51% кремнекислоты, длина «единиц потока» составляет 400—450 м, на вулкане Будули, лавы которого по содержанию кремнекислоты близки лавам Кэбенеи, длина единиц потока достигает 100—200 м, а на вулкане Безымянном андезитовые лавы с содержанием кремнекислоты 57—60% имеют длину единиц потока не более 50 м. Таким образом, для молодых лавовых образований Камчатских вулканов длина единиц потока действительно коррелятивно связана с составом излившихся лав (табл. 6).

Основываясь на опыте дешифрирования камчатских единиц потока, можно сделать следующие рекомендации методического характера.

1. Дешифрирование этих объектов целесообразно начинать с отыскания на АС лавовых потоков наиболее прихотливой конфигурации (у потоков простых, несложных очертаний единицы потока обычно отсутствуют).
2. Внимательно просматриваются фланговые и фронтальные части таких потоков.
3. Дешифрирование поверхности основного потока с целью выявления единиц потока целесообразно производить на завершающих этапах дешифрирования.
4. Измерения лучше всего выполнять с помощью лупы, имеющей мерную сетку.
5. Дешифрирование единиц потока наиболее удобно выполнять на АС среднего масштаба; в некоторых случаях (для пород кислого

Длина единиц потоков (м) некоторых вулканов Камчатки

Вулкан	Функциональная зависимость длины единиц потока от содержания кремнекислоты		
	Кремнекислота, %	Порода	Длина
Терпук	48,5—49,3	Оливин-пироксеновые базальты	1000
Толбачик	51,0	Базальты, трахибазальты	400—450
Кэбелей	54,0—54,4	Кварцосодержащие базальты, андезито-базальты	150—200
Будули	54,7		100—200
Безымянный	57,0—60,0	Андезиты	50

состава) целесообразно использовать АС крупного масштаба или АС среднего масштаба, увеличенные в 2—3 раза.

При дешифрировании единиц потока можно столкнуться с тремя основными типами их обособления: фланговыми, фронтальными и внутриводоковыми (рис. 11). Первые два типа обособлений обычно единичны, для последнего характерна множественность проявления. Фланговые обособления обычно характеризуются светлыми оттенками фототона. Конфигурация «язычков» этого типа крайне проста. Поперечные и боковые валы, большей частью отсутствуют, поэтому рисунок их фотозображения также прост. Фронтальные языкообразные обособления на аэроснимках характеризуются обычно более темными очертаниями и нередко ребристым рисунком поверхности. Внутриводоковые обособления большей частью устанавливаются по наличию серии равнодлинных участков в пределах единого лавового потока, отделяющихся друг от друга уступами, что обычно отчетливо видно на аэроснимках.

Эффективность применения описанного способа ограничивается районами новейшего и современного вулканизма. Использование данного способа наиболее рационально и эффективно на этапе предполетной подготовки. Данные, полученные таким способом, позволяют определить количество силикатных проб и рационально распределить места их отбора по площади предстоящих работ.

В районах древнего вулканизма выделяются участки, в пределах которых возможности дешифрирования плотных пород

существенно различаются. На участках с умеренным проявлением неотектонических поднятий и в зонах стабилизации создаются наиболее благоприятные условия дешифрирования. На участках, активно воздымающихся, и, наоборот, испытывающих тенденцию к погружению, дешифрирование скальных пород затруднено в наибольшей степени.

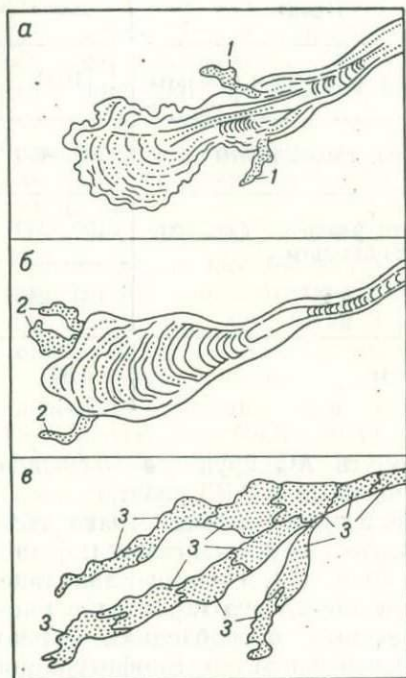


Рис. 11. Типы обособления единиц потока в лавах молодых вулканов:

фланговые (а, 1), фронтальные (б, 2) и внутрипотоковые (в, 3)

Осадочные, вулканогенно-осадочные и метаморфические породы, развитые в эрозионных окнах или в горстообразных выступах фундамента вулканических поясов, на малых по размеру площадях практически не дешифрируются. На больших по размеру площадях они дешифрируются заметно лучше. В том случае, если в комплексе пород осадочного происхождения обнаруживается чередование пород различной компетентности, дешифрирование их значительно облегчается. В таких случаях по полосчатому или петельчатому рисунку фотонизображения, отражающему слоистость, они распознаются достаточно просто. Метаморфические породы, относящиеся к комплексу основания вулканических поясов, дешифрируются крайне неудовлетворительно, особенно их внутреннее строение.

Наиболее полно на АС выявляются вулканогенные породы, причем эффузивные их разновидности дешифрируются значительно лучше, чем эксплозивные. Весьма неплохо дешифрируются субвулканические и гидротермально измененные вулканогенные породы. Гипабиссальные интрузивные породы, особенно комагатичные вулканогенным, дешифрируются крайне неудовлетворительно. Субвулканические дайки, жерловины, прослои грубообломочных туфов дешифрируются лучше.

В практике дешифрирования редко удается иметь дело с полями, в пределах которых развиты только лавовые породы. Чаще всего приходится сталкиваться с комплексом вулканогенных образований, в котором лавовые породы могут лишь преобладать по объему или по площади развития.

Фотоизображение полей преимущественного развития лавовых образований основного — среднего состава обычно формируется совокупностью разнообразных в генетическом отношении объектов: потоков и покровов лав и туфов, конкордантных и дискордантных субвулканических интрузий и даек, разнообразных жерловин и др. В целом на водораздельных пространствах с абс. отм. 500—800 м поля преимущественного развития лавовых образований основного — среднего состава характеризуются серым, реже темно-серым фототонном, параллельно-полосчатым или концентрически-полосчатым рисунком фотоизображения, редким и глубоким эрозийным расчленением поверхности и плоско-выпуклыми ступенчатого профиля склонами междуречий.

При переходе к более низким и более высоким гипсометрическим уровням рельефа аэрофотографический облик полей развития этого типа пород существенно меняется за счет резкого изменения ландшафтных условий. На стереомодели местности в полях развития пород этой группы обычно отчетливо видны уступы, фиксирующие выходы массивной части лавовых потоков, мощность которых нередко достигает 5—30 м (в редких случаях в крутых откосах можно видеть столбчатую отдельность). Не менее отчетливо на стереомодели местности видны и жерловины, фиксирующиеся отдельно стоящими обелископодобными скалами высотой от 30 до 100 м при диаметре основания от 20 до 80 м.

Характерным элементом фотоизображения полей развития этого комплекса пород являются «пятна» контрастного (более светлого по отношению к окружающему фону) фототона, фиксирующие местоположение субвулканических интрузий. Кроме того в фототоне видны субвулканические интрузии стереомоделей в виде аномальных (по отношению к окружающему типу рельефа) холмов и сопок, чаще всего округлой, изометрической в плане формы.

Все вместе взятое и определяет фотоизображение полей преимущественного развития лавовых образований основного — среднего состава. Выявление и картирование таких полей с помощью фотометода без достаточной полевой проверки надежно лишь в том случае, если они приурочены в своем развитии к водораздельным или приводораздельным пространствам междуречий, а также, когда степень дислоцированности пород этого типа не очень высока.

Аэрофотографический облик полей преимущественного развития лав кислого состава также определяется совокупностью аэрофотоизображений многочисленных и разнородных компонентов геологического строения и ландшафта: потоков и покровов лав, туфов преимущественно кислого состава, субвулканических интрузий (даек), разрывных нарушений, рыхлых грунтов и почв, растительности и др. Легко представить, что аэро-

фотографический облик полей развития этих пород не может быть стабильным. Наиболее серьезные его изменения происходят в пределах пологих склонов междуречий, в интервале относительных высот 150—500 м. В целом на средних гипсометрических уровнях рельефа с абс. высотами 500—800 м аэрофотографический облик полей преимущественного развития лав кислого состава характеризуется относительно светлыми оттенками фототона, едва удовлетворительным выражением сложности в рельефе склонов и водоразделов междуречий, резким и глубоким эрозионным расчленением поверхности, выпуклыми, неясноступенчатого профиля склонами.

Дешифрирование вулканогенных пород целесообразно начинать на АС мелкого и сверхмелкого масштаба, так как они позволяют увидеть соотношения скованных структурных элементов вулканических полей и разобраться в распределении главных фациальных разновидностей пород и участков с различной активностью проявления неотектонических движений.

Дальнейшее дешифрирование лучше всего вести на АС среднего масштаба обычно с привлечением (в какой-то мере) и мелкомасштабных, и крупномасштабных АС. Крупномасштабные АС более целесообразно использовать на завершающих этапах дешифрирования либо при повторном камеральном дешифрировании конкретных участков территории.

Космические материалы должны использоваться на всех стадиях дешифрирования, применяя с этой целью КС с уровнем генерализации (УГ) изображения  $10^6$ , т. е. те из них, которые наиболее близки аэрофотосъемочным изображениям [88].

#### ДЕШИФРИРОВАНИЕ ГРАНИЦ КАРТИРУЕМЫХ ОБЪЕКТОВ

На территории вулканических поясов Дальнего Востока выделяются два основных типа районов, в пределах которых возможности дешифрирования границ и взаимоотношений картируемых объектов существенно различны. Первый тип районов — скальные (каменистые) поверхности преобладают, молодые рыхлые образования развиты незначительно и мало мощны. Второй тип районов — скальные (каменистые) поверхности практически отсутствуют, почти повсеместно развит мощный чехол молодых рыхлых образований. Подобные сочетания условий дешифрирования встречаются в самых разнообразных морфогенетических типах рельефа, в депрессиях (долах), на прибрежно-морских низменностях, среди аккумулятивных наклонных равнин, на низко-среднегорных вулканических плато, высоко-среднегорных вулканических нагорьях и хребтах. Некоторые из этих пространств могут быть частично или полностью облесены, либо нацело лишены древесно-кустарниковой растительности.

Немаловажную роль в ограничении возможностей фотометода при выявлении взаимоотношений картируемых объектов играет также фактор «условий залегания пород». Вулканогенные толщи дислоцированы по-разному.

По признаку дислоцированности выделяются три типа районов: 1) вулканы практически не дислоцированы, залегают горизонтально (рис. 12), разрывные нарушения проявлены

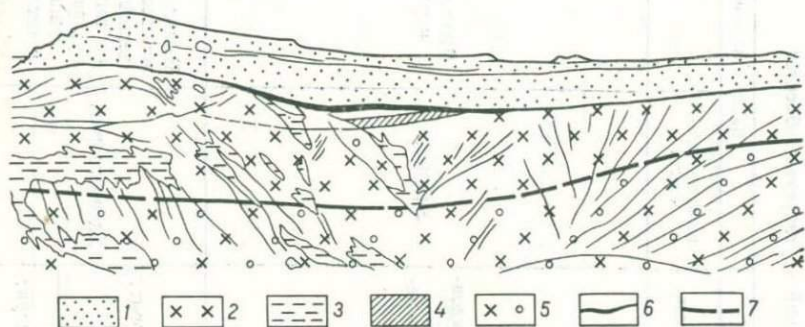


Рис. 12. Несогласное залегание четвертичных оливиновых базальтов на породах аллейской серии (по В. К. Ротману). Камчатка. Верховье р. Копылье.

1 — четвертичные базальты; 2 — аллейская серия; 3 — снежники; 4 — поток пузырьчатых андезитов; 5 — туфолавы; 6 — горизонт дресвянников; 7 — стратиграфические границы

слабо, 2) вулканы слабо дислоцированы (пологие складки, флексуры, разномасштабные блоки) и 3) вулканы интенсивно дислоцированы (глыбовые и приразломные складки, блоковые подвижки проявлены дифференцированно, наблюдаются крутые моноклинали и флексуры, разломы многочисленны и разнотипны).

Сочетание перечисленных условий и определяет возможности дешифрирования геологических границ и взаимоотношений картируемых объектов на территории вулканических поясов (табл. 7).

Оценка возможностей дешифрирования границ и анализа взаимоотношений картируемых объектов производится по следующей шкале: хорошие, удовлетворительные, едва удовлетворительные, неудовлетворительные и практически не дешифрируются. Критерием выделения участков послужили эмпирические данные, полученные на опорных (ключевых) участках. В тех случаях, когда результаты предварительного дешифрирования этих элементов геологического строения подтверждались не менее чем на две трети, возможности оценивались как хорошие; не менее половины — удовлетворительно; менее половины — едва удовлетворительно; около одной трети — неудовле-

Возможности дешифрирования границ и взаимоотношений картируемых объектов

Рельеф	Растительность	Условия залегания горных пород	Границы объектов		Взаимоотношения объектов	
			геоморфологических	геологических	геоморфологических	геологических
Прибрежно-мор. низм.	Покрытые растит.	Практич. горизонт	Хорошие	Рыхлые — удовлетворит.; коренные — неудовлетворит.	Хорошие	Рыхлые — удовлетворит.; коренные — практич. не дешифрир.
	Лишенные растит.					
Аккумуляц. равнины	Покрытые растит.	Горизонт. и слабо накл.	Хорошие	Рыхлые — удовлетворит.; коренные — неудовлетворит.	Хорошие	Рыхлые — удовлетворит.; коренные — практич. не дешифрир.
	Лишенные растит.					
Депрессии (долы)	Покрытые растит.	Слабо дислоцир.	Хорошие	Рыхлые — удовлетворит.; коренные — неудовлетворит.	Хорошие	Рыхлые — удовлетворит.; коренные — практич. не дешифрир.
	Лишенные растит.					
Вулканические плоскогорья	Покрытые растит.	Слабо дислоцир.	Удовлетворит.	Удовлетворит.	Удовлетворит.	Выявлению взаимоотношений помогает способ перенесения дешифрирующихся границ на топографическую основу; рациональны и эффективны стереоизмерения; в целом — удовлетворит.
		Средне дислоцир.	Удовлетворит.	Удовлетворит.		
		Сильно дислоцир.	Неудовлетворит.	Неудовлетворит.		

Продолжение табл. 7

Рельеф	Растительность	Условия залегания горных пород	Границы объектов		Взаимоотношения объектов		
			геоморфологических	геологических	геоморфологических	геологических	
Вулканические плоскогорья	Лишенные растит.	Слабо дислоцир.	Хорошие	Хорошие	Удовлетворит.	Хорошие (эффективно использование стереоизмерений)	
		Средне дислоцир.					
		Сильно дислоцир.	Удовлетворит.	Удовлетворит.			
Вулканические нагорья и хребты	Покрытые растит.	Слабо дислоцир.	Хорошие	Едва удовлетворит.	Хорошие	Удовлетворит. (использование способов переноса дешифрир. границ и стереоизмерений ограничено)	
		Средне дислоцир.		Практич. не дешифрир.			
		Сильно дислоцир.			Удовлетворит.		
	Лишенные растит.	Слабо дислоцир.	Хорошие	Неудовлетворит.	Едва удовлетворит.	Хорошие	Едва удовлетворит. (использование способов переноса дешифрир. границ на топооснову и стереоизмерений неэффективно)
		Средне дислоцир.					
		Сильно дислоцир.					

творительно; ничто не находило подтверждения — практически не дешифрируется.

В заключение необходимо особо подчеркнуть, что дешифрирование границ интрузивных массивов, полей и зон гидротермально измененных пород и границ несогласного залегания вулканогенных пород, равно как и взаимоотношений, связано с наибольшими трудностями. В этих случаях, помимо АС среднего и крупного масштаба, необходимо привлекать среднемасштабные КС, так как они обладают большей обзорностью территории и предоставляют дешифровщику возможность наблюдения изучаемых объектов во взаимоотношении с другими, окружающими их объектами.

### ИЗУЧЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕКТОНИКИ

Структурное дешифрирование фотоизображений вулканических поясов является объективной основой для проведения анализа разнообразных вулкано-тектонических и складчатых структур и разрывных нарушений. Обширные пространства вулканических поясов Чукотки и Приохотья, Камчатки и Корякии (за исключением межгорных депрессий и прибрежно-морских низин) по своим геолого-ландшафтным характеристикам являются весьма благоприятными для проведения структурного дешифрирования. Даже в условиях плохой обнаженности и практически сплошной залесенности Приморья дешифрирование разрывных нарушений дает неплохие результаты [33].

В районах с хорошей и средней дешифрируемостью удается выявить огромное количество линеаментов, большую часть которых без особых сомнений можно интерпретировать как «следы» зон разрывных нарушений (см. фиг. 9, 25, 26). В районах со слабой дешифрируемостью коренных пород (см. фиг. 31), а также в районах практически сплошного развития рыхлых образований эти возможности значительно снижаются (см. фиг. 27). Но и в таких районах многие весьма важные элементы складчатых структур (см. рис. 7, 8) и разрывных нарушений можно обнаружить на АС и проследить по простираанию на значительные расстояния.

Аэрофотоматериалы оказывают существенную помощь при обнаружении и локализации вулкано-тектонических структур. Однако наилучших результатов при дешифрировании таких структурных элементов можно добиться, лишь привлекая геофизические материалы (см. рис. 9).

Использование геофизических материалов является непременным условием при дешифрировании многих других элементов тектоники, в том числе и разрывных нарушений.

На территории вулканических поясов развиты весьма разнообразные разрывные нарушения. Здесь выявляются сверхкрупные региональные разломные зоны (структурные швы), круп-

ные разломы локальных структур (см. фиг. 31) и множество мелких разрывных нарушений, зон повышенной трещиноватости, дуговых и радиальных разломов, связанных с образованием вулcano-тектонических структур и др. (см. фиг. 22, 23, 25, 26, 27).

Изучение тектоники вулканических поясов целесообразно начинать с дешифрирования сверхмелкомасштабных и (или) мелкомасштабных КС, затем дешифровать крупномасштабные КС и высотные АС, и только потом ординарные АС.

В. Д. Скарятин [88], предложивший метод многоступенчатой генерализации при изучении геологических структур разного масштаба, оптимальной совокупностью КС считает ту, при которой КС, изготовленные на мелкозернистой пленке, позволяющей производить большие увеличения с десятикратным «масштабным шагом», имеют следующие уровни генерализации (УГ) изображения:  $10^{-8}$ ,  $10^{-7}$ ,  $10^{-6}$ ,  $10^{-5}$ ,  $10^{-4}$ . При УГ  $10^{-8}$ , по его мнению, дешифрируются крупнейшие трансконтинентальные разломы. Более низкие УГ ( $10^{-7}$ ) достигаются на изображениях, получаемых со средних орбит искусственных спутников Земли (ИСЗ). На таких КС компоненты ландшафта суммируются, формируя их фототон. На них дешифрируются части трансконтинентальных разломов, наиболее протяженные региональные разломы и крупнейшие складчатые структуры. Дешифрирование литолого-стратиграфических комплексов при УГ  $10^{-7}$  нерентабельно. Однако на них нередко видны кольцевые структуры. На КС с УГ  $10^{-6}$  достаточно уверенно дешифрируются складчатые структуры (при наличии фотомаркирующих горизонтов), выявляются взаимоотношения отдельных крупных складчатых и разрывных дислокаций, дешифрируются участки крупных и множество мелких разрывных нарушений. На таких КС можно выделять основные литолого-стратиграфические комплексы и типы четвертичных рыхлых отложений, а также разнообразные по типу и размерам кольцевые образования. Более низкие УГ ( $10^{-5}$ ,  $10^{-4}$ ) принадлежат аэрофото-съемочным изображениям, методика использования которых с целью выявления структурных элементов широко известна [3, 73].

Не следует думать, что использование КС с различными УГ и разномасштабных АС является неперемнным условием структурного дешифрирования вулканических поясов. Многие элементы их тектоники вполне удовлетворительно дешифрируются и на ординарных АС. Необходимость привлечения разномасштабных КС и АС должна решаться сообразно с конкретными целями и задачами геологосъемочных работ.

Дешифрирование структурных форм, развитых в пределах вулканических поясов, сводится по сути дела к использованию признаков и критериев дешифрирования. Использование этих признаков будет правильным только в том случае, если они

применяются в определенной последовательности: сначала для анализа фотоматериалов обзорного типа (фотосхем, фотопланов, теле- или космофотокарт и др.) и только потом для отдельных КС и АС. При оперировании этими признаками дешифрирования на фотоматериалах разного типа, качества и масштаба необходимо (при переходе от одного материала к другому) делать непродолжительный перерыв в наблюдении, так как глаза дешифрировщика должны успеть «отвыкнуть» от первоначального уже привычного для него изображения.

Методика структурного дешифрирования с использованием АС стандартна и не требует каких-либо пояснений. Методика структурного дешифрирования КС в наши дни только начинает разрабатываться. Поэтому этим вопросам следует уделить несколько больше внимания.

При изучении крупных разрывных нарушений на космических материалах вряд ли можно добиться хороших результатов, не привлекая на стадии интерпретации данные геофизических исследований. Особо важно использовать эти данные при выявлении региональных разломных зон и структурных швов. Опыт совместного использования данных дешифрирования КС и геофизических материалов свидетельствует [79], что совместная и многократная интерпретация данных дешифрирования КС и геофизических материалов позволяет получать дополнительную информацию не только о местоположении и конфигурации региональных разрывных нарушений, но и о возможном наклоне подобных структур. В связи с этим интересно отметить следующее: разрывные нарушения, выделенные по гравиметрическим и магнитометрическим данным и дешифрированию КС, в плане не всегда совпадают. Это нередко служит поводом к различному толкованию положения того или иного разлома на картах среднего и крупного масштаба. Но такое несовпадение можно считать иначе — наклоном зоны разлома. Подобный вывод основывается на предположении, что единая зона разлома фиксируется тремя указанными методами на различных глубинах, причем наибольшие глубины зон разломов отражаются гравиметрическими ступенями. Полное или частичное совпадение по простиранию всех трех линий скорее всего свидетельствует о близком к вертикальному положению плоскости разлома. Интересно в связи с этим отметить, что правильность принятого решения о наклоне крупной региональной зоны разломов иногда находит косвенное подтверждение при реконструкции древних зон Беньофа (палеосейсмофокальных зон) методом определения поперечной петрохимической зональности в вулканогенных образованиях [48, 69].

Совместная интерпретация геофизических и космических материалов открывает новые возможности получения дополнительной информации о значимости выделенных на КС линейментов, их роли в геологическом строении и истории развития

вулканических поясов или отдельных их звеньев. При проведении совместной интерпретации данных дешифрирования КС и геофизических материалов следует стремиться к тому, чтобы исходные материалы были близки по масштабу изображения. В противном случае получаемая с помощью КС информация о разломах может быть избыточной либо существенно недостаточной (по отношению к масштабу геологического картографирования).

По мнению А. Л. Ставцева и Н. И. Филатовой [91], материалы космических съемок имеют большое значение для изучения вулканических поясов. С помощью мелко- и среднемасштабных КС оказывается возможным: 1) установить пространственные и структурные связи вулканических поясов с окружающими их крупными структурными элементами, 2) дешифрировать крупнейшие зоны разломов, 3) расшифровать внутреннюю структуру вулканических полей, 4) наметить структурный контроль размещения оруденения.

Изучение космических изображений значительной части Охотско-Чукотского вулканического пояса позволило А. Л. Ставцеву и Н. И. Филатовой прийти к следующим выводам. 1. На сверхмелкомасштабных телевизионных космических снимках границы вулканического пояса четко не дешифрируются. 2. Вулканические поля по фототону и рисунку фотоизображения отличаются от выходов кристаллического фундамента юго-восточной части Сибирской платформы, областей развития недислоцированного платформенного чехла и складчатых систем Верхоянья. 3. На мелкомасштабных КС и особенно на спектрзональных КС границы вулканических полей дешифрируются более четко. 4. На мелкомасштабных КС хорошо видны крупные зоны разломов субширотного, субмеридионального и северо-западного направлений. 5. На космических материалах дешифрируются кольцевые и овальные структуры, по крайней мере трех категорий: кольцевые и овальные структуры диаметром 200 км и более (они выходят далеко за пределы вулканических полей и охватывают значительные участки складчатого Верхоянья), структуры диаметром от 20 до 80 км (по всей вероятности, они отвечают вулканотектоническим депрессиям и поднятиям) и структуры диаметром не более 5—10 км, которые, вероятно, соответствуют отдельным вулканическим аппаратам и субвулканическим и гипабиссальным интрузиям.

Из приведенного перечня видно, что материалы космических съемок применительно к проблемам геологического изучения вулканических поясов дают несомненно качественно новую, ранее недоступную геологам информацию, существенно дополняющую, а иногда и меняющую прежние представления. Вместе с тем с космических изображений такую информацию вряд ли можно получить только визуальным методом. А. Л. Ставцев

и Н. И. Филатова подчеркивают, что при расшифровке глубинного строения вулканических поясов наибольшего эффекта можно добиться лишь при совместном изучении материалов космических съемок и трансформированных геофизических полей.

В пределах Камчатки [100] на КС отчетливо видны сопряженные линейно вытянутые зоны общекамчатского северо-восточного простираания, которые контролируются линеамен-тами, отождествляемыми с разломами. Современные вулканы и вулканические пояса группируются в линейные северо-восточные зоны, отражающие активно живущие здесь глубинные разломы. Камчатка вообще, а вулканические ее районы, в частности, являются весьма интересными объектами изучения. По данным Н. А. Гусева [30] дешифрирование КС, полученных многоспектральной сканирующей системой «Ландсэт», позволяет выявить многие интересные элементы вулканического рельефа: детали строения главнейших вулканических аппаратов, центры вулканической деятельности меньшего ранга, маары, шлаковые конусы и т. д. Различаются также три структурно-тектонические области: Восточный вулканический пояс, глыбово-горстовое поднятие Валагинского хребта и Центральная Камчатская депрессия, а также многие элементы внутреннего строения.

Приведенные выше примеры удачного использования КС не оставляют сомнения в том, что материалы космических съемок должны использоваться с иными целями и задачами, нежели материалы воздушных съемок, несмотря на то что некоторые КС позволяют дешифрировать и такие элементы геологического строения, которые составляют специфику дешифрирования аэрофотоматериалов.

Структурное дешифрирование вулканических поясов немыслимо без использования измерительной моно- и стереофотограмметрической аппаратуры. Методика измерительного дешифрирования детально описана в ряде обобщающих руководств и методических пособий [4, 19, 5].

Основными задачами измерительного дешифрирования следует считать: 1) определение элементов залегания, 2) измерение мощностей, 3) построение высокоточных профилей, 4) трассирование пластов, потоков и покровов на закрытых участках склонов и водоразделов, 5) измерение амплитуд смещения по разломам, 6) получение необходимых данных для построения структурных карт, 7) измерение разнообразных превышений, 8) инструментальный перенос результатов дешифрирования на топографическую основу.

Дешифрирование в камеральных условиях выполняется с помощью стационарных стереоскопов (Интерпретоскоп, Карл Цейсс Йена, стереоскопы «Шпигель» и др.), в полевых — с помощью переносных стереоскопов и стереоочков.

Измерения в стационарных условиях производятся с помощью ГС-2 и ГС-4 (геологические стереометры) или СТД-2 (топографический стереометр), в полевых условиях — с помощью стереовысотомера (СВ-5) или стереоскопа с параллаксометром (стереоскопом «Шпигель», Карл Цейсс, Йена). Перенос контуров в стационарных условиях осуществляется с помощью универсальных топографических проектов (типа УТП-1 или УТП-2, радиал-пантографа (РП-2) или универсального стереометра фирмы «Галилео Сантони», в полевых условиях — с помощью рисовального прибора «Камера Клара».

Среди структурных элементов вулканических поясов трещины являются едва ли не самыми важными с точки зрения прикладной геологии, так как к участкам с повышенной плотностью трещиноватости нередко приурочены разнообразные проявления полезных ископаемых. Дешифрирование самих трещин обычно выполняется в достаточной мере легко. Обработка результатов дешифрирования значительно более трудоемка. Остановимся на краткой характеристике метода «скользящего окна» [15], одного из наиболее распространенных методов обработки результатов дешифрирования трещин.

При использовании метода «скользящего окна» предполагается, что выявленные дешифрированием трещины до начала их обработки уже вынесены на топографическую карту необходимого масштаба. В этом случае начальным этапом работ является подсчет трещин, приходящихся на 1 км<sup>2</sup> площади. С этой целью на карте с трещинами (или прозрачной восковке) вычерчивается регулярная решетка, с размером ячейки не меньшим, чем размер ожидаемых рудовмещающих объектов (зон и участков кварцевого прожилкования, монокварцитов, кварцевых жил и др.). Затем перемещением подсчетного квадрата (квадрат картона или плотной бумаги с вырезанным в нем «окном» круглой формы, диаметр которого равен стороне квадрата регулярной решетки) на половину его стороны по вертикали и горизонтали подсчитывают число трещин таким образом, чтобы подсчитываемая величина входила в подсчет не менее четырех раз. Таким образом, элемент случайности, по сравнению с обычным методом подсчета, уменьшается в четыре раза. В результате такого подсчета образуется некое цифровое поле (цифры записываются в центре «окна», т. е. в «узлах» решетки), символизирующее изменение плотности трещиноватости (число трещин в «скользящем окне») на исследуемой площади.

Полученные величины образуют непрерывный ряд, который подвергают стандартной математической обработке. В итоге такой обработки результатов дешифрирования трещин получают карту плотности трещиноватости в изолиниях с аномалиями, фиксирующими участки повышенной и пониженной проницаемости.

# МЕТОДИКА ФОТОГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

## ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ И ЗАДАЧИ

Геологическое изучение территорий, поиски полезных ископаемых и их прогнозированием в настоящее время осуществляются с помощью сложного и многообразного комплекса исследований, среди которых фотогеологические исследования занимают вполне определенное место. Задачи фотогеологического изучения вулканических поясов должны решаться в процессе всего цикла геологосъемочных и поисковых работ, состоящего из трех традиционных этапов: подготовительного камерального, полевого и окончательного камерального.

**Этап подготовительных камеральных работ.** Основной целью фотогеологических исследований на этапе предполевой подготовки является получение дополнительных сведений для составления максимально подробной и хорошо аргументированной программы полевых исследований. Достигается эта цель решением ряда конкретных задач.

*Задача 1. Просмотр АС и КС* с целью выявления основных элементов рельефа и геологического строения территории. Задача решается способом визуального просмотра АС и КС с выделением на них геоморфологических и геологических объектов и явлений и последующим сопоставлением полученных данных с геоморфологическими и геолого-геофизическими материалами предшествующих исследований. Основным результатом этих работ является мозаичное дешифрирование комплектов АС и КС с выделением на них основных (уже известных и вновь выделенных) элементов геологического строения местности. Эти сведения являются исходными данными для последующего стереоскопического изучения АС и КС.

*Задача 2. Стереоскопическое дешифрирование комплектов АС и КС* с целью составления предварительных карт (или схем) геоморфологического или геологического содержания. Задача решается методом аналогий и сопоставлений (используется весь комплекс сведений о дешифрируемости и дешифровочных свойствах изучаемых объектов). При решении этой задачи используется парк стереофотограмметрических и других оптических приборов: для дешифрирования фотоизображения — стереоскопы, интерпретоскопы, проекторы, стереометры, для переноса результатов дешифрирования — стереопантометры и рисовальные приборы («Камера Клара», УТП-1 или УТП-2).

*Задача 3. Выявление и предварительная интерпретация элементов геологического строения, контролирующих размещение полезных ископаемых.* Решение этой задачи выполняется с использованием геохимических, минералогических и геофизических данных, которые выносятся на отдельный лист топосновы, с последующей их классификацией под рубрикой «рудоконтролирующие факторы».

Фотогеологические исследования на этом этапе работ завершаются составлением перечня проверочных работ, который является составной частью общей программы полевых работ.

**Этап полевых работ.** Основной целью фотогеологических исследований на полевом этапе работ является максимальное облегчение процесса наземного картирования и поисков полезных ископаемых.

*Задача 1. Выявление на местности и прослеживание по АС границ и площадей развития картируемых объектов: толщ, пачек, отдельных горизонтов, фациальных разновидностей, гипабиссальных и субвулканических интрузий, дайковых и жильных тел, разломов, гидротермально измененных пород и т. д.* Задача решается методом интерполяции данных между двумя и более точками наблюдений.

*Задача 2. Выявление, анализ и прослеживание взаимоотношений между картируемыми структурно-литологическими комплексами пород.* Задача решается методами интерполяции и экстраполяции данных, полученных как в точках наблюдения, так и при аэровизуальном осмотре местности. К числу частных задач этой группы относятся: установление последовательности напластования пород, определение мощностей отдельных пластов, пачек, горизонтов или толщ, выявление различных несогласий между картируемыми толщами и внутри них, выявление складчатых и разрывных нарушений, выявление взаимоотношений между интрузивными образованиями и вмещающими их толщами, наконец, расшифровка внутреннего строения интрузивных и субвулканических тел. На этом этапе работ желательно использовать простейшие стереоскопические приборы (стереоскопы полевые либо стереоочки, а также палетки геолога-дешифровальщика (ПГД-1) или простейший параллаксметр).

*Задача 3. Анализ геоморфологических особенностей территории* (выявление и прослеживание по площади генетических и морфологических типов рельефа и установление их взаимоотношений, картирование отдельных форм рельефа, картирование рыхлых образований и пр.). Задача решается главным образом в процессе аэровизуальных работ, совмещенных с дешифрированием фотосхем (фотопланов), а также при проведении рекогносцировочных наземных работ методом контрольных пересечений.

*Задача 4. Выявление элементов геологического строения территории, контролирующих размещение полезных ископаемых.* Задача решается методами прямых наблюдений и аэровизуальных работ, а также изучением фотоизображения межмаршрутных пространств, как до проведения маршрута, так и во время, и после его проведения, с последующим наземным контролем наиболее важных и типичных объектов, установленных таким способом.

**Этап заключительных камеральных работ.** Основной целью фотогеологических исследований на этапе послеполетных камеральных работ является уточнение сведений, полученных в поле. На этом этапе, как правило, выполняется основная масса разнообразных стереоскопических измерений, проводится выборочное камеральное дешифрирование АС и КС, накапливается и систематизируется опыт дешифрирования. В камеральных условиях создаются благоприятные условия для более углубленного изучения фотоизображений с целью составления разнообразных карт и схем специального назначения: структурно-геоморфологических, трещиноватости, рудоконтролирующих факторов, палеовулканических реконструкций и пр.

Особое место в комплексе фотогеологических исследований этого этапа занимают работы по накоплению и систематизации опыта дешифрирования: составление таблиц признаков дешифрирования, дешифрирование аэроснимков — иллюстраций и составление аннотаций к ним. Решение перечисленных задач облегчается до некоторой степени использованием парка стационарных стереоприборов и методических разработок, учитывающих специфику конкретных геолого-ландшафтных условий исследуемых территорий.

Перечисленные цели и задачи в большей степени характеризуют специфику самого метода, нежели специфику фотогеологического изучения вулканических поясов. Аналогичные, или очень близкие по смыслу, цели и задачи возникают при изучении любых других, структурных элементов земной коры. В этом смысле охарактеризованные выше задачи являются ординарными. Вместе с тем при фотогеологическом изучении вулканических поясов безусловно появляется необходимость в решении специфических задач, обязанных своим появлением свойствам самого объекта изучения и специфике их отражения в основных компонентах ландшафта.

#### СПЕЦИФИКА ФОТОГЕОЛОГИЧЕСКОГО ИЗУЧЕНИЯ ВУЛКАНИЧЕСКИХ ПОЯСОВ

*Задача 1. Дешифрирование фациальных разновидностей вулканогенных пород* является одной из наиболее трудных задач фотогеологического изучения вулканических поясов. Дан-

ные такого дешифрирования позволяют облегчить и ускорить процесс фациального анализа вулканогенных толщ. Последний, в свою очередь, позволяет выявлять закономерности в распределении пород не только по латерали, но и по вертикали, способствуя локализации и частичной реконструкции вулканических построек. Решение этой задачи основывается на использовании закономерностей в распространении определенных фаций по отношению к центрам извержения. Например, для некоторых вулканических построек центрального типа характерно следующее распределение фаций: в центральной части вулканической постройки, в нижних и средних частях разреза преобладают в различной степени спекшиеся туфы, в верхних частях разреза — потоки игнимбритов и единичные потоки кислых лав; к периферии постройки игнимбриты и эффузивы сменяются туфами, степень спекания которых уменьшается в направлении от вулканических центров; ниже лежащие туфы в том же направлении сменяются пачками пород, состоящими из чередования пирокластических образований, туффитов и терригенных разностей.

*Задача 2. Аэрофотографическое картирование фаций вулкаников дает ключ к решению другой задачи — выявления вулcano-тектонических структур: кальдер обрушения, купольных структур, вулcano-тектонических депрессий и др. Выявление этих элементов геологического строения вулканических поясов имеет важное теоретическое и прикладное значение: способствуют более полному пониманию стратиграфии вулканогенных толщ и дает богатейший материал для реконструкции палеовулканической обстановки. Решение этой задачи существенно облегчается с привлечением данных магнитометрических и гравиметрических карт.*

*Задача 3. Дешифрирование гидротермально измененных пород с целью прогнозирования наиболее благоприятных участков для локализации полезных ископаемых. Задача решается методом дешифрирования участков территории с аномальной окраской поверхности, с определенным сочетанием микроформ рельефа на склонах междуречий, а в субарктической зоне — методом выявления аномального мелкоземного солифлюксия — индикатора гидротермального изменения вулканогенных пород. Существенную помощь в решении этой задачи оказывают дополнительные фотоматериалы — цветные и спектрзональные АС и КС.*

*Задача 4. Дешифрирование разнообразных разрывных нарушений и трещин. Выявление, анализ и дифференциация этих объектов по морфологии, генезису и возрасту имеет важное прикладное значение, так как именно с ними связаны транзит, локализация и концентрация гидротермальных рудоносных растворов. Решение этой задачи основано на дешифрировании АС и КС (либо фотопланов мелкого масштаба) с последующей*

статистической обработкой результатов дешифрирования. Существенную помощь в ее решении оказывают геофизические материалы. В случае охвата значительных пространств, с целью ускорения процесса обработки данных дешифрирования, метод ручной обработки (метод «скользящего окна») может быть заменен методом эквиденсит.

*Задача 5. Дешифрирование кварцевых обособлений:* жил, штокверков, зон кварцевого прожилкования и т. д. Задача решается методом дешифрирования микроформ рельефа на склонах и водоразделах междуречий, кореллятивно связанных с выходами кварцевых жил, штокверков, зон кварцевого прожилкования и т. д. В арктической и субарктической зонах анализируется строение курумовых и солифлюкционно-курумовых образований, содержащих развалы кварцевых жил и других форм локализации кварца. Хороших практических результатов при решении этой задачи добиться весьма трудно.

*Задача 6. Изучение вулканических форм рельефа* с целью получения сведений об их генезисе, морфологии и некоторых морфологических данных, необходимых для проведения структурно-геоморфологических построений. Задача решается методом визуального изучения стереомодели с последовательным переносом данных дешифрирования на фотоплан (фотосхему) и проведением комплекса стереоскопических измерений (разнообразных превышений, углов наклона поверхности и др.). Особо важное значение в данном случае приобретают КС.

*Задача 7. Прослеживание путей сноса рудного материала.* Задача решается методом нанесения точек рудной минерализации или рудопроявлений (месторождений), контуров шлиховых ореолов рассеяния и других форм на фотоснову с последующим дешифрированием склонового чехла — выделением разнообразных линий «оттока» мелкозема, соединяющих привершинный комплекс форм рельефа с подножиями склонов междуречий.

## СОСТАВЛЕНИЕ И ОФОРМЛЕНИЕ КАРТ И СХЕМ

На этапе предполевой подготовки для отражения специфики геологического строения вулканических поясов нередко возникает необходимость в составлении карт (схем) не стандартного облика и назначения. Это геоморфологическая, геологическая карты и карта рудоконтролирующих факторов.

**Макет геоморфологической карты.** Принципы составления геоморфологических карт рассмотрены в ряде методических руководств по использованию материалов аэрофотосъемки при геоморфологических исследованиях [1, 47, 64].

С помощью материалов воздушной и космической съемок можно составить макет геоморфологической карты. Такая карта (см. приложение I) отличается достаточной детальностью,

содержит информацию о генезисе, морфологии и возрасте рельефа и при последующих работах (в процессе полевых исследований) претерпевает незначительные изменения лишь в контурной своей нагрузке. Методика составления геоморфологических карт мало чем отличается от составления предварительных карт или схем геологического содержания. Дешифрировщик в этом случае должен обладать определенными навыками геоморфологического дешифрирования, должен быть знаком со ландшафтными особенностями исследуемого региона.

Первый этап работ состоит в выделении на фотоматериалах, обладающих обзорными свойствами (фотопланы, фотосхемы, увеличенные мелкомасштабные космические снимки и пр.) наиболее четко выраженных элементов рельефа с целью расшифровки общего плана геоморфологического строения территории.

Второй этап работ заключается в дешифрировании АС среднего масштаба с привлечением в отдельных случаях аэроснимков крупного масштаба. На этом этапе выявляются конкретные типы рельефа, облик которых отражает проявление ведущих факторов рельефообразования.

Третий, заключительный, этап работ состоит в детальном изучении средне- и крупномасштабных АС с целью изучения конкретных форм рельефа.

Рекомендуется следующая последовательность работы со снимками: 1) просмотр и выборочное дешифрирование контактной печати, 2) порядное дешифрирование контактной печати, 3) корректировка результатов дешифрирования с помощью обзорных фотоматериалов и крупномасштабных АС.

Просмотр и выборочное дешифрирование контактной печати нацелены на установление ведущих эндогенных и экзогенных процессов, способствующих формированию разных типов рельефа, на определение местоположения основных типов рельефа, а также на изучение границ, разделяющих основные типы рельефа.

Основным результатом работ является рабочий вариант условных обозначений к будущей геоморфологической карте.

Порядное дешифрирование контактной печати включает следующие процессы: 1) выявление четко очерченных форм рельефа, обладающих наиболее устойчивыми признаками дешифрирования (структурно-денудационные, аккумулятивные и др.); 2) выделение ключевых участков в пределах аккумулятивных форм рельефа с целью планирования полевых исследований (изучение взаимоотношения этих форм рельефа, последовательности накопления слагающих их отложений, определение местоположения канав, шурфов и расчисток, необходимых для взятия определенных видов проб и др.); 3) изучение вершинного и склонового комплекса форм рельефа (при разделении склонов

на типы необходимо учитывать их морфологические признаки (форму и крутизну), а также генетические признаки, отражающие происходящие на них процессы формирования склонового чехла и типы его перемещения); 4) изучение долинного комплекса форм рельефа; 5) выявление форм рельефа ледникового генезиса; 6) изучение аккумулятивных вулканических форм рельефа; 7) выявление в рельефе участков с аномальным строением или отдельных характерных форм рельефа, индицирующих возможное местоположение рудных объектов.

В задачу заключительного этапа работ входит корректировка результатов дешифрирования контактной печати с помощью обзорных фотоматериалов (фотопланов, фотосхем, увеличенных космических снимков и пр.) и крупномасштабных АС. Существенное значение на этом этапе имеет сравнение результатов геоморфологического и геологического дешифрирования. Такой анализ позволит существенно улучшить смысловую нагрузку контурной части геоморфологической карты.

В зависимости от направленности экзогенных процессов элементы динамики на геоморфологической карте отражаются с помощью отнесения определенных форм рельефа к соответствующим стадиям его развития: деструктивной, равновесной или аккумулятивной. Такое разделение форм рельефа производится в каждом типе рельефа. Опыт составления геоморфологических карт, основанный на использовании данного принципа, обобщен в работе И. П. Карташова [45]. Подобный подход к составлению геоморфологических карт повышает их значение при решении вопросов прикладной геологии, так как позволяет более четко представить размещение по площади областей преимущественного сноса и аккумуляции, более уверенно наметить пути переноса рыхлого материала, в массе которого возможно перемещение рудных компонентов, и выявить участки возможной их концентрации. Все это имеет важное прикладное значение, так как позволяет уже на предполевом этапе работ более аргументированно и обоснованно планировать поисковые работы.

Геоморфологическая карта (схема) составляется либо параллельно с геологической (работу выполняет другой специалист), либо несколько опережая ее. Детальность дешифрирования определяется конкретными задачами геологосъемочных работ.

**Макет геологической карты (схемы).** Характерной особенностью вулканических поясов является относительно низкая степень дешифрируемости многих, весьма важных элементов строения стратифицирующихся толщ. Нередко именно это обстоятельство, усугубленное недостаточной подготовленностью дешифрировщика, является причиной либо полного отказа от составления макета геологической карты, либо, что еще хуже, формального подхода к выполнению предварительного дешифриро-

вания. В какой-то мере решение этой задачи облегчается использованием геоморфологических данных и применением нестандартного подхода к расчленению стратифицирующихся толщ на этом этапе исследований.

В том случае, если при выделении традиционных серий, свит, толщ и пр. возникают трудности, рекомендуется выделять структурно-литологические комплексы (СЛК) генетических групп пород (ГГП) и полей развития преимущественного типа пород (ПРП) (см. приложение II).

Термином структурно-литологический комплекс (СЛК) обозначена естественная ассоциация горных пород, которая характеризуется определенным набором типов пород, однородными условиями их залегания, исходной степенью метаморфизма. При сочетании таких условий литогенная основа ландшафта генерирует вполне определенный облик фотоизображения конкретного СЛК, стабильность которого обеспечивается этими условиями в пределах определенного ареала.

Генетической группой пород (ГГП) называется конкретная совокупность близких по происхождению горных пород (например, ГГП интрузивных, эффузивных, речных, склоновых и др.). Фотоизображение полей ГГП не так стабильно, как у полей СЛК, и может варьировать, поскольку проявление формирующих его элементов ландшафта в значительно большей степени подвержено влиянию географических факторов.

Полями развития преимущественного типа пород (ПРП) обозначены различные по площади участки структурно-литологических комплексов пород (СЛК), сложенные преимущественно однотипными породами (например, ПРП песчаников, базальтов, дацитов, игнибритов, моренных суглинков, гранитов и др.). Фотографический облик этих объектов дешифрирования наименее стабилен и варьирует в зависимости от конкретного проявления форм рельефа, растительности, почвенного слоя, климата и других факторов географической среды. Дешифрирование ПРП связано с наибольшими трудностями.

Кроме этих «площадных» объектов дешифрируются объекты линейные и малых размеров, обозначаемые на картах условными знаками: разрывные нарушения, слоистость, дайки, кварцевые жилы, элементы залегания, жерловины и др.

На макете геологической карты СЛК обозначаются цветом и индексом (I, II, III и т. д. по числу выделенных СЛК), ГГП — оттенками цвета соответствующего СЛК и индексом (I<sub>1</sub>, II<sub>1</sub>, III<sub>1,2,3</sub> и т. д., по числу выделенных ГГП в каждом СЛК), ПРП — крапом и индексом (I<sub>1</sub><sup>1</sup>, I<sub>1</sub><sup>2</sup>, II<sub>1</sub><sup>1</sup>, II<sub>1</sub><sup>2,3,4</sup> и т. д., по числу выделенных ПРП в каждой ГГП). Таким образом, индекс ПРП является основным, поскольку в нем содержатся сведения о принадлежности конкретного объекта к определенному СЛК, ГГП и ПРП. Например (см. приложение II, табл. 8) индекс I<sub>1</sub><sup>1</sup> означает русловые и пойменные галечники и пески, принадле-

Пример совмещения условных обозначений с таблицей признаков дешифрирования

Условные обозначения						Краткая характеристика компонентов ландшафта и фотонизображения геологических объектов				Дополнительная характеристика
№ п/п	Относит. возраст	Индекс ПРП	СЛК	ГГП	ПРП	Формы рельефа	Растительность и увлажненность	Рисунок фотонизображения	Фототон, его оттенки и характер их сочетания	
1	Q <sub>III-IV</sub>	I <sub>1</sub> <sup>1</sup>	Не дислоцированные и слабо дислоцированные рыхлые образования	Аллювиальные	Русловые и пойменные (не расчл.) галечники, пески	Поверхность низкой поймы и русла	Редкие кусты, кустарнички, в долинах мелких притоков — редкий древостой	Струйчато-пятнистый	Извилистые линии и полосы светлых оттенков	
2		I <sub>1</sub> <sup>2</sup>			Пойменные галечники, пески, илы	Поверхности поймы с наложенными наледными полянами	Кустарники по травянисто-моховому покрову; заболочено	Пятнисто-точечный	Контрастные пятна светлых и темных оттенков	
3		I <sub>1</sub> <sup>3</sup>			Террасовые галечники, пески, илы	Первая надпойменная терраса	Куртины ольховника, ивового и березового стланика, чаще кустарнички по травянисто-моховому покрову; увлажнено	Нечетко-струйчатый	Серый	

Продолжение табл. 8

Условные обозначения						Краткая характеристика компонентов ландшафта и фотонизображения геологических объектов				Дополнительная характеристика	
№ п/п	Относит. возраст	Индекс ПРП	СЛК	ГГП	ПРП	Формы рельефа	Растительность и увлажненность	Рисунок фотонизображения	Фототон, его оттенки и характер их сочетания		
4	Q <sub>III-IV</sub>	I <sub>2</sub> <sup>1</sup>	Не дислоцированные и слабо дислоцированные рыхлые образования	Проллювиальные и коллювиальные	Проллювиальные щебень, дресва, супеси	Конуса выноса (лопастные) подножий склонов	Отдельные и линейно расположенные кусты; увлажнение линейного типа	Веерообразный или радиально-лучистый	Темно-серый		
5		I <sub>2</sub> <sup>2</sup>			Коллювиальные глыбы, щебень, дресва	Конуса выноса (каплевидные) гравитационных склонов	Поверхности лишены древесно-кустарниковой растительности; сухо	Аморфный	Белесый		
6		I <sub>3</sub> <sup>1</sup>			Ледниковые	Собственно-ледниковые валуны, суглинки	Боковые морены плохой сохранности	Редкий древостой	Пятнисто-точечный	Светло-серый	
7		I <sub>3</sub> <sup>2</sup>				Водно-ледниковые валуны, галечники, супеси, суглинки	Флювиогляциальная терраса слабой сохранности	Редкий древостой; сухо	Пятнисто-точечный	Светло-серый	

Условные обозначения						Краткая характеристика компонентов ландшафта и фотоизображения геологических объектов				Дополнительная характеристика
№ п/п	Относит. возраст	Индекс ПРП	СЛК	ГПП	ПРП	Формы рельефа	Растительность и увлажненность	Рисунок фотоизображения	Фототон, его оттенки и характер их сочетания	
8	Q <sub>III-IV</sub>	I <sub>4</sub> <sup>1</sup>	Не дислоцированные и слабо дислоцированные рыхлые образования	Склоновые	Солифлюкционные дресва, супеси	Солифлюкционные склоны выравненные, вогнутого профиля (10—15°)	Кочкарно-моховая; переувлажнение	Древовидный	Темно-серый	
9		I <sub>4</sub> <sup>2</sup>			Курумovo-солифлюкционный щебень, дресва, супеси	Курумovo-солифлюкционные склоны, выравненные, выпуклого профиля (до 20°)	Кочкарно-моховая с кустарничково-лиственничным редколесьем; переувлажнение	Нечетко полосчато-точечный	Серый и темно-серый	Характерно древовидное расположение на склонах

Условные обозначения						Краткая характеристика компонентов ландшафта и фотоизображения геологических объектов				Дополнительная характеристика
№ п/п	Относит. возраст	Индекс ПРП	СЛК	ГПП	ПРП	Формы рельефа	Растительность и увлажненность	Рисунок фотоизображения	Фототон, его оттенки и характер их сочетания	
10	K <sub>2</sub>	II <sub>1</sub> <sup>1</sup>	Слабо дислоцированные вулканогенные образования	Эффузивные	Базальты, андезиты, их туфы и лавовые брекчии	Водоразделы плоские (структурные поверхности); склоны пологие (до 15°), ровные вогнутого профиля, преимущественно солифлюкционные	Редкий древостой и кустарники по кочкарно-моховому покрову; переувлажнено, частично заболочено, сухие поверхности редки	Комковато-бугристый	Серый	Много скальных обособлений
11		II <sub>1</sub> <sup>2</sup>			Лавы смешанного состава и их туфы	Водоразделы широкие (реже узкие и гребневидные) с фрагментами структурных поверхностей, пологовыпуклые; склоны средней крутизны (до 20°), реже крутые (до 30—35°), ступенчатого профиля	Водоразделы лишены древесно-кустарниковой растительности; на склонах — редкий древостой, кустарники по кочкарно-моховому покрову; поверхности преимущественно сырые или умеренно увлажненные	Бугристый	Светло-серый	Много террасовидных форм и скальных обособлений
12		II <sub>1</sub> <sup>3</sup>			Андезито-дациты, андезиты и их туфы					

Условные обозначения						Краткая характеристика компонентов ландшафта и фотоизображения геологических объектов				Дополнительная характеристика
№ п/п	Относит. возраст	Индекс ПРП	СЛК	ГГП	ПРП	Формы рельефа	Растительность и увлажненность	Рисунок фотоизображения	Фототон, его оттенки и характер их сочетания	
13	K <sub>2</sub>	II <sub>1</sub> <sup>4</sup>	Слабо дислоцированные вулканогенные образования	Эффузивные	Преимущественно андезиты	Водоразделы узкие и гребневидные (с фрагментами структурных поверхностей); склоны крутые и средней крутизны (20—30°), ступенчатые, выпуклого профиля. Рельеф эрозивно-денудационный и криогенно-денудационный	Водоразделы лишены древесно-кустарниковой растительности; на склонах — редкий древостой, кустарники по кочкарно-моховому покрову; поверхности преимущественно сырые или умеренно увлажненные	Рашпилевидный	Серый	
14		II <sub>1</sub> <sup>5</sup>			Базальты					
15	K <sub>1</sub>	III <sub>1</sub> <sup>1</sup>	Слабо дислоцир. вулк.-осадочные образования	Вулканоогенно-осадочные	Преимущественно туфы кислого состава	Водоразделы широкие, склоны преимущественно солифлюкционные, ровные, пологие (до 15°), вогнутого профиля; рельеф криогенно-денудационный	Редкий древостой по кочкарно-моховому покрову; заболочено, сухие поверхности редки	Струйчатый и струйчато-пятнисто-точечный	Серый с пятнами светло-серого, сочетания контрастные; инкрустация точечного крапа темно-серого	

Продолжение табл. 8

Условные обозначения						Краткая характеристика компонентов ландшафта и фотоизображения геологических объектов				Дополнительная характеристика
№ п/п	Относит. возраст	Индекс ПРП	СЛК	ГГП	ПРП	Формы рельефа	Растительность и увлажненность	Рисунок фотоизображения	Фототон, его оттенки и характер их сочетания	
16	K <sub>1</sub>	IV <sub>1</sub> <sup>1</sup>	Интенсивно дислоцир. осадочные образования	Осадочные	Алевролиты, аргиллиты, песчаники	Водоразделы широкие; склоны солифлюкционные и солифлюкционно-курумовые, ровные, вогнутого профиля, средней крутизны (до 20°); рельеф криогенно-денудационный	Редкий древостой по кочкарно-моховому покрову; заболочено, реже островки сухих поверхностей	Пятнисто-точечный	Неясные пятна серого и светло-серого цвета	Обнажены на небольших участках
17	K <sub>2</sub>	V <sub>1</sub> <sup>1</sup>	Дискордантные магматогенные образования	Интрузивные	Диориты	См. № 13 и 14 (водоразделы и склоны имеют бугристый микро-рельеф)	Преимущественно мхи и лишайники; сухо	Редкоструйчатый	Неясные крупные пятна серых и светло-серых оттенков	Чаще не отличаются по формам рельефа от вмещающих пород

Условные обозначения						Краткая характеристика компонентов ландшафта и фотоизображения геологических объектов				Дополнительная характеристика
№ п/п	Относит. возраст	Индекс ПРП	СЛК	ГГП	ПРП	Формы рельефа	Растительность и увлажненность	Рисунок фотоизображения	Фототон, его оттенки и характер их сочетания	
18	K <sub>2</sub>	V <sub>2</sub> <sup>1</sup>	Дискордантные магматогенные образования	Субвулканические	Дациты (тела неправильной формы)	Отдельные конусовидные сопки или группа холмов; склоны пологие, выпуклого профиля, курумовые и солифлюкционно-курумовые	Мхи, лишайники, редкие кустарнички; сухо	Комковато-бугристый, реже радиально-лучистый	Крупные пятна светлых оттенков с редким точечным крапом более темных оттенков	Возможно выделение отдельных блоков пород
19		V <sub>2</sub> <sup>2</sup>			Дайки	Невысокие (до 10 м) скальные гребни, гривки, увалы, прямолинейные (в плане), реже слабоизвилистые	Редкие кустарнички, преимущественно мхи и лишайники; сухо, реже увлажнено	Линейно-штриховой	Короткие штрихи более светлых или более темных оттенков (по сравнению с окружающим фоном)	Разделение даек по составу затруднено

№ п/п	Условные обозначения	Краткая характеристика компонентов ландшафта и фотоизображения геологических объектов				Дополнительная характеристика
		Форма рельефа	Растительность и увлажненность	Рисунок фотоизображения	Фототон, его оттенки и характер их сочетания	

## Границы дешифрируемых объектов

20	Границы структурно-литологических комплексов	Участки долин, уступы на склонах и водоразделах	Избирательной приуроченности не обнаружено	Не характерен	Не характерен
21	Границы генетических групп пород	Уступы и ложбины на склонах и водоразделах			
22	Границы полей развития пород	Уступы и ложбины на склонах и водоразделах			

## Прочие дешифрируемые объекты

23	Гидротермально-измененные породы	См. № 13, 14 (склоны и водоразделы бугорчатые, всхолмленные)	Преимущественно травяно-моховая с лишайниками, редкие кустарнички и деревья угнетены; умеренно увлажнено	Мелко-пятнисто-точечный	Светло-серый
24	То же, под покровом рыхлых образований			Не характерно	Не характерно

№ п/п	Условные обозначения	Краткая характеристика компонентов ландшафта и фотоизображения геологических объектов				Дополнительная характеристика
		Форма рельефа	Растительность и увлажненность	Рисунок фотоизображения	Фототон, его оттенки и характер их сочетания	
25	Участки рудопоявлений и точек рудной минерализации	Холмисто-бугорчатый рельеф склонов и водоразделов	Преимущественно травяно-моховая с лишайниками, редкие кустарники и деревья угнетены; умеренно увлажнено	Не характерно	Не характерно	
26	Роговики	См. № 17	Мхи и лишайники; сухо	Аморфный	Серый	
27	Аномальное проявление мелкоземного солифлюксия	Борозды на склонах и водоразделах	Поверхности лишены растительного покрова; переувлажнение	Струйчатый	Извилистые полосы светлых оттенков	
28	Кварцевые жилы	Не характерная	Мхи, лишайники; сухо	Не характерно	Не характерно	Линейные развалы глыб кварца
29	Границы потоков и покровов	Уступы на склонах и водоразделах	Мхи, лишайники, редко кусты; сухо	Фестончатый	Не характерно	

№ п/п	Условные обозначения	Краткая характеристика компонентов ландшафта и фотоизображения геологических объектов				Дополнительная характеристика
		Форма рельефа	Растительность и увлажненность	Рисунок фотоизображения	Фототон, его оттенки и характер их сочетания	
Границы дешифрируемых объектов						
30	То же, под покровом рыхлых образований	Уступы на склонах и водоразделах	Мхи, кустарнички, травостой; умеренно влажно	Фестончатый	Не характерно	
31	Разрывные нарушения (на схеме — прилож. II показаны наиболее протяженные)	Прямолинейные участки долин, ложбины на склонах и водоразделах	Редкие деревья, линейно расположенные кустарники; переувлажнение по линиям	Линейный	Преимущественно темные оттенки	
32	То же, под покровом рыхлых образований	Преимущественно линейные зоны переувлажнения	Редкие кустарники, травостой; линейное переувлажнение			
33	Предполагаемые центры извержений	Обелископодобные отдельно стоящие скалы	Мхи, лишайники; сухо	Не характерен	Серый и светло-серый	Сходны с останцами покров потоков
34	Залегание: а) горизонтальное б) наклонное	Пластовые треугольники, полуэллипсы	См. № 10—14	Треугольники, трапеции, полуэллипсы	Чаще светлые оттенки	Возможны измерения на стереоприборах

жащие аллювиальной генетической группе и структурно-литологическому комплексу недислоцированных и слабо дислоцированных образований. Другой пример: индекс  $II_1^3$  символизирует комплекс андезито-дацитов, андезитов и их туфов, принадлежащий эффузивной генетической группе и структурно-литологическому комплексу слабо дислоцированных вулканогенных образований, и т. д.

Обычно удается выделить пять-шесть, редко семь СЛК. Количество ГПП и ПРП существенно варьирует, в зависимости от конкретного проявления геологического строения вулканических поясов. Следует заметить, что применительно к целям и задачам геологосъемочных работ крупного масштаба наибольший интерес вызывает выделение ПРП, с которыми так или иначе связано проявление полезных ископаемых. Границы СЛК, ГПП и ПРП следует дифференцировать, обозначая их резко различными знаками: для СЛК — сплошные линии, для ГПП — штрихпунктирные линии, и для ПРП — точечный пунктир. Разрывные нарушения, слонность, дайки, кварцевые жилы и другие элементы геологического строения обозначают общепринятыми знаками, либо разрабатываются новые. Макет геологической карты целесообразно сопровождать развернутыми условными обозначениями, совмещенными с таблицей признаков дешифрирования (см. табл. 8).

При таком подходе к составлению макета геологической карты исторический принцип не нарушается: выделенные СЛК сопоставляются с известными в районе стратиграфическими подразделениями и последовательность их образования и взаимоотношения друг с другом интерпретируются с этих позиций.

Использование СЛК, ГПП и ПРП позволяют дешифрировщику в трудных случаях провести предварительное картографирование всей площади предстоящих работ и тем самым установить общую структуру территории и закономерность распределения основных литолого-генетических разностей пород по площади. В иных, более благоприятных условиях макет геологической карты составляется по стандартным методикам [3, 5, 73].

Макет геологической карты является основным документом предполевой подготовки, так как на его основе разрабатывается план поисково-съемочных работ предстоящего полевого сезона. При составлении такого плана особо важное значение приобретают закономерности размещения по площади работ тех элементов геологического строения, которые контролируют локализацию полезных ископаемых. В тех случаях, когда дешифрирование позволяет выявить разнообразный комплекс объектов подобного рода, возникает целесообразность в составлении самостоятельной карты — карты рудоконтролирующих факторов. Такая карта во многом облегчает составление рационального

плана полевых работ, а в дальнейшем служит основой для составления карты прогнозов.

Схемы предварительного дешифрирования методически правильно вычерчивать на фотооснове (фотоснимках или фотопланах) или используя временную обзорную фотооснову. Для ее изготовления (лучше матовой) необходимо иметь комплект контактной печати, плотную чертежную бумагу, восковку, резиновый клей, железную линейку, скальпель и иглу (для накалывания точек). При этом рекомендуется следующая последовательность работ.

1. На каждом конкретном отпечатке комплекта опознаются характерные контурные точки (желательно в пределах рабочей площади снимка) и накалываются; таких точек на каждом снимке должно быть четыре; они выбираются с таким расчетом, чтобы каждая из них связывала три смежных снимка (в ряду один и два снимка в другом ряду).

2. Выбранные таким образом точки соединяются (карандашом) и по этим линиям делаются порезы (скальпелем); в результате такой операции получают серию четырехугольных вырезок, которые своими смежными сторонами плотно прилегают друг к другу.

3. Монтируются ряды (вырезки последовательно, в порядке нумерации АС, слева направо, наклеиваются на восковку).

4. Ряды монтируются на плотной чертежной бумаге. Ряды укладываются на бумагу, последовательно сверху вниз, от первого до последнего и путем смыкания идентичных точек в смежных рядах соединяются; контуры рядов обводятся карандашом; ряды и их контуры смазываются резиновым клеем и после его высыхания ряды наклеиваются на бумагу на соответствующие им контуры.

Порядный фотомонтаж не может полностью заменить фотосхему, тем более фотоплан. У такой фотоосновы имеется большой недостаток — зияния между рядами (ряды плотно, без зияний сбить таким способом принципиально нельзя). Однако порядные монтажи при отсутствии обзорных фотоматериалов позволяют дешифрировщику выполнить важную методическую рекомендацию — составить схемы предварительного дешифрирования на фотооснове.

**Макет карты рудоконтролирующих факторов.** В процессе оценки перспектив территории на тот или иной вид полезных ископаемых карты рудоконтролирующих факторов выполняют важную и вполне самостоятельную роль — с их помощью оценивают рудоконтролирующее значение многих вновь выявленных элементов геологического строения территории исследований. При составлении таких карт используются данные самых разнообразных исследований: геологических, геофизических, металлогенических, геохимических, минералогических и многих других. Исследования последних лет [55] показали высокую эф-

фективность КС при решении задач, связанных с изучением металлогенических особенностей конкретных территорий.

Автор не ставил себе целью описание методики составления таких карт в целом. В его задачу входило лишь показать место и значение фотометода при решении задач подобного ряда, а также выявить возможности его комплексирования с другими камеральными методами прогнозирования рудоносности территорий. Предварительная карта рудоконтролирующих факторов была составлена в процессе аэрофотогеологического картирования масштаба 1 : 50 000 (АФГК-50 одного из районов ОЧВП (см. приложение III). Данная карта не является эталоном. Это всего лишь один из возможных вариантов подобного рода карт. Однако методика получения необходимой информации, использованная при составлении этой карты, вполне заслуживает рассмотрения, так как именно в этом конкретном случае удалось найти вполне эффективное сочетание методов предварительной оценки рудоносности территории.

Территория охватывает площадь более 5000 км<sup>2</sup>, располагается по обе стороны от Анадырского глубинного разлома. В ее пределах развиты разнообразные, преимущественно вулканогенные и интрузивные образования позднего мела и палеогена, интенсивно нарушенные разломами различного генезиса и морфологии. Отмечаются обширные поля ороговикованных и гидротермально измененных пород, а также ядра монокварцитов, кварцевые и кварц-серицитовые жилы и зоны кварцевого прожилкования. Особый интерес представляют разнообразные по времени образования, размерам и морфологии вулканотектонические структуры, осложненные глыбовыми складками, крутыми моноклиналями, горстами и грабенами. На этой территории сравнительно недавно было проведено среднемасштабное геологическое картирование, материалы которого и послужили отправным пунктом при интерпретации перспектив ее рудоносности в более крупном масштабе.

В процессе составления карты были использованы результаты предварительного дешифрирования среднемасштабных АС и структурно-геоморфологического анализа топографических карт масштаба 1 : 100 000.

Процесс составления предварительной карты рудоконтролирующих факторов условно можно разделить на три этапа: начальный, основной и завершающий.

Начальный этап включает следующие виды работ: анализ материалов, дешифрирование АС и КС, анализ результатов дешифрирования, выполнение необходимых структурно-геоморфологических построений и разработку (составление макета) легенды к карте.

Материалы анализируются с целью составления перечня элементов геологического строения, в какой-либо степени ответственных за размещение полезных ископаемых, а также каталога

рудопроявлений, точек рудной минерализации, шлиховых ореолов рассеяния и др.

Дешифрирование АС и КС выполняется в дополнение к предварительному геоморфологическому и геологическому дешифрированию, имея целью более детальное изучение участков с известными рудопроявлениями и шлиховыми ореолами рассеяния, а также отдельных элементов геологического строения территории, возможно выполняющих роль рудоподводящих, рудолокализирующих или рудоконцентрирующих факторов. Завершается дешифрирование детальным анализом его результатов с составлением перечня выявленных дешифрированием элементов геологического строения территории, в котором дается краткая характеристика вероятного их рудоконтролирующего значения.

Особое место на этом этапе работ занимают структурно-геоморфологические исследования, в задачу которых входит обнаружение определенных закономерностей в распределении известных точек рудной минерализации и рудопроявлений по площади. Основой для их проведения служат топографические карты масштаба 1 : 100 000 (в некоторых случаях используются карты м-ба 1 : 200 000). Уместно заметить, что анализу (дешифрированию) топографических карт с целью решения конкретных задач металлогенических исследований в последнее время (81) уделяется особое внимание. Дешифрирование топографических карт, подкрепленное дешифрированием аэрофотоматериалов, является весьма эффективным способом предварительной оценки перспектив рудоносности территории.

Опытные исследования, проведенные в районе Анадырского сектора ОЧВП, показали, что наиболее целесообразно дешифрирование аэрофотоматериалов сочетать с морфометрическими и структурно-геоморфологическими построениями [104]. Морфометрические построения выполняются с целью составления карты изолонг. Предполагается, что изолонги описывают некую поверхность, «рельеф», который характеризует плановое положение основных неотектонических пликтивных структур. Участкам с максимальными значениями изолонг, как правило, отвечают структуры, сформированные движениями отрицательного знака и, наоборот, участкам с минимальными значениями изолонг соответствуют структуры, образованные движениями положительного знака. Карта изолонг строится методом интерполяции значений длин долин определенного порядка в получаемом поле точек. Для того чтобы построить это поле точек, необходимо составить карту порядков долин, а на ее основе — карту длин долин. Сопоставление карты изолонг с тектоническими схемами территории позволяет установить факты совпадения (или несовпадения) неотектонических структур, очерченных изолонгами с аналогичными по знаку структурами, установленными геологическими методами. Такое сопоставление

дает возможность на карте изолонг показать оси отрицательных и положительных структур и привязать их к конкретному геологическому строению территории.

Дальнейшее сопоставление карты изолонг производится с картами полезных ископаемых, что дает возможность установить характерные связи между рудными точками и элементами неотектонической структуры.

Морфометрические построения дополняются структурно-геоморфологическими. Строятся карта морфоизогипс (карта так называемого «идеального рельефа») и карта неотектонических блоков. Эти построения имеют цель выявить основные морфоструктуры территории и расшифровать их внутреннее строение.

Структурно-геоморфологические исследования завершаются последовательным сопоставлением карты полезных ископаемых, карты изолонг и карты неотектонических блоков, выполненных на прозрачном материале (пленке, восковке, астролоне и др.). В результате сопоставления этих трех карт получают сведения о закономерной приуроченности известных рудопроявлений к определенным элементам неотектонических структур (их склонам, осевым или переходным зонам), определенному интервалу изолонг и интервалу абсолютных высот поверхности поднятых неотектонических блоков. С помощью этих трех признаков намечают сходные по строению участки территории, в пределах которых предполагают наличие рудопроявлений, аналогичных использованным при построениях.

Начальный этап завершается составлением макета условных обозначений к предварительной карте рудоконтролирующих факторов. Основная идея карты должна найти отражение и в условиях обозначений — за каждой разновидностью рудоконтролирующих факторов закрепляются особый знак и цвет (присутствие наибольшего числа такого типа обозначений укажет на наиболее благоприятные для поисков участки территории).

Установленные таким способом участки территории, благоприятные для локализации тех или иных видов полезных ископаемых, наносят на схему специализированного геологического дешифрирования (схему предполагаемых рудоконтролирующих факторов территории) и приступают ко второму, основному этапу работ: анализу распределения участков по площади и вероятной их рудной специализации.

В данном конкретном случае на предполевом этапе не была составлена карта трещиноватости. Основные результаты дешифрирования трещин и их интерпретации (контуры положительных аномалий трещиноватости) нашли свое отражение на карте рудоконтролирующих факторов значительно позднее, после завершения полевых работ.

Следует сказать, что дешифрирование трещин с целью получения сведений о местоположении и конфигурации участков повышенной трещиноватости (наиболее проницаемых зон) не

только возможно, но и необходимо выполнять на предполетном этапе. Данные этого дешифрирования являются существенным дополнением к содержанию предварительной карты рудоконтролирующих факторов и помогают более обоснованно намечать участки наземных поисково-съемочных маршрутов и десантно-съемочных полетов.

Работы завершаются вычерчиванием карты и составлением условных к ней обозначений, отражающих основную ее задачу — дифференциацию элементов геологического строения территории по специфике и значимости контролирующего их влияния на распределение разнообразных видов полезных ископаемых.

Таким образом, геологические предпосылки локализации оруденения на изучаемой территории уже на предполетном этапе геологосъемочных работ получают реальное выражение в установлении возможных закономерностей распределения известных рудопроявлений и в прогнозировании новых.

#### СПЕЦИАЛЬНЫЕ ПРИЕМЫ И СПОСОБЫ ДЕШИФРИРОВАНИЯ

При планировании поисковых работ на этапе предполетной подготовки всегда возникает необходимость в получении сведений о местоположении вполне конкретных поисковых объектов. Среди элементов геологического строения вулканических поясов имеется немало таких, которые контролируют размещение полезных ископаемых. Рассмотрим лишь те из них, которые, во-первых, имеют несомненную практическую значимость, а во-вторых (и это не менее важно), принципиально могут отобразиться на АС или КС среднего и крупного масштаба. К таким объектам несомненно относятся: поля и зоны гидротермально измененных пород, кварцево-жильные обособления (кварц-серцитовые, кварц-адуляровые, кварц-карбонатные и другие жилы, кварцевые штокверки, зоны кварцевого прожилкования и пр.), а также участки транзита и накопления обломочного рудного материала. Методике дешифрирования таких объектов и посвящен данный раздел книги. Здесь же в краткой форме рассмотрены некоторые вопросы техники аэровизуальных наблюдений, поскольку именно они оказывают существенную помощь при уточнении и детализации данных предварительного дешифрирования объектов данного класса.

**Дешифрирование кварцево-жильных обособлений.** Среди вулканических полей различают три типа рудовмещающих тел: 1) жильные тела большой мощности и протяженности, располагающиеся, как правило, вдоль крупных сбросов, 2) жилы умеренной мощности и длины, приуроченные к субвулканическим интрузиям, некам и жерлам вулканов, а также к участкам тектонической трещиноватости, 3) штоки и зоны штокверкового прожилкования и метасоматического окварцевания [85].

Наиболее распространенным типом кварцево-жильных рудных тел являются тела второй морфологической группы. Легко представить, сколь важной является любая информация о местоположении, размерах и конфигурации объектов этого типа.

Кварцевые жилы в условиях вулканических поясов Дальнего Востока очень редко проявляются в виде скальных останцов, грядок, гряд. Значительно чаще они локализируются в виде каменных развалов. Различают три основных типа развалов: 1) единичные обломки жильного кварца, расположенные на поверхности склонов и водоразделов беспорядочно (пятна), 2) немногочисленные обломки кварца, вытянутые цепочками (неясные линии), 3) обилие обломков кварца, образующих скопления с хорошо выраженной линейно-извилистой ориентировкой (четкие извилистые линии и полосы) [101]. Этим трем типам развалов, как правило, отвечают три основные категории кварцево-жильных тел: 1) маломощные (0,01—0,1 м) и непротяженные (не более 100 м); средней мощности (0,1—0,3 м) и протяженности (100—1000 м); весьма мощные (более 0,5 м) и протяженные (более 1000 м). Наиболее достоверно дешифрируются мощные и протяженные кварцевые жилы; менее мощные и протяженные обнаруживаются значительно труднее и с большим количеством ошибок. При желании выявить мелкие кварцевые жилы, как показал опыт, дешифрировщик может допустить ошибки двух типов: пропустить большую часть таких объектов и выявить ложные. В плане кварцевые жилы имеют извилистые очертания, часто осложняющиеся ветвистостью и бифуркацией основных ветвей. Многие из них, выполняящие на глубине одну трещину, по мере приближения к дневной поверхности распадаются на большое число отдельных жил и прожилок, что в поперечном сечении напоминает изображение речной дельты [85]. В зальбандах жил нередко отмечаются небольшие по масштабам проявления, зоны гидротермально измененных пород (осветленность или обохренность боковых пород). Над верхними частями кварцевых жил в условиях криогенно-денудационного типа рельефа, в чехле рыхлых, перекрывающих их отложений нередко образуются желобообразные углубления просадочного типа, что, по-видимому, объясняется различной активностью процессов выветривания: кварцевые жилы, для которых характерны частые и резкие структурно-текстурные изменения по простиранию, высокая степень кавернозности и обильное количество боковых пород в зальбандах, разрушаются значительно активнее боковых, вмещающих их, пород. На поверхности развалы кварцевых жил нередко сопровождаются растительностью, выделяющейся на общем растительном фоне, большей сочностью и более пышным обликом, так как условия развития растительности вдоль таких желобов значительно лучше. Здесь более благоприятный состав почв, лучшая увлажненность и прогреваемость поверхности.

Все перечисленные свойства проявления кварцево-жильных тел на дневной поверхности с той или иной степенью достоверности опознаются на АС. Наиболее обобщенный аэрофотографический облик объектов такого типа (применительно к северным районам ОЧВП) можно сформулировать следующим образом: ветвисто-извилистые линии и полосы светлых оттенков фототона, приуроченные к неглубоким извилистым желобкам на склонах и водоразделах междуречий, которые освоены травяно-кустарниковой либо кустарниковой растительностью (в этих случаях светлые полосы и линии фототона осложнены в центральных частях узкими линиями и полосами интенсивно темных оттенков фототона). Перечисленные признаки встречаются как в сочетании, так и раздельно, что существенно снижает достоверность дешифрирования. Вместе с тем признаки дешифрирования кварцевых жил тем надежнее, чем крупнее размеры выявляемых объектов. Достоверность обнаружения кварцевых жил значительно возрастает при использовании геофизических материалов (отдельные мощные кварцевые жилы, чаще поля кварцевых жил, на картах аномального магнитного поля выделяются пониженными его значениями). При дешифрировании кварцевых жил вулканических поясов следует иметь в виду, что большая часть этих объектов приурочена, как правило, либо к периферии вулканических структур, либо к горстообразным выступам, ограниченными крупными зонами разломов, поперечными по отношению к основным структурам вулканического пояса (см. фиг. 32, 33, 34). В пределах таких выступов «надрудные» толщи пород обычно интенсивно разрушены, но не полностью, что немало способствует выявлению кварцево-жильных тел. Предлагается следующая последовательность операций при дешифрировании кварцево-жильных тел: 1) дешифрируются поля развития наиболее (на данном конкретном участке) молодых вулканогенных толщ, 2) выявляются наиболее протяженные, поперечные к структурам вулканического пояса зоны разломов, 3) опознаются участки аномального развития мелкоземного солифлюксия, 4) дешифрируются извилистые и ветвистые линии, полоски и желобообразные рытвины на склонах и водоразделах междуречий, 5) на схему дешифрирования выносятся все известные по предыдущим работам кварцевые жилы и кварцевые тела неправильной формы, 6) анализируются (сопоставляются со схемой дешифрирования) геофизические материалы, 7) проводится комплексная интерпретация полученных результатов, 8) составляется окончательная схема дешифрирования, на которой выявленные кварцево-жильные тела разграничивают по степени достоверности дешифрирования. При дешифрировании кварцево-жильных тел желательно использовать АС двух масштабов — крупного и мелкого, так как на АС мелкого масштаба лучше проявляются элементы геологического строения, а на АС крупного масштаба успешно выделяются сами объекты.

**Дешифрирование полей развития гидротермально измененных пород.** В полях гидротермально измененных вулканогенных пород в последние годы выявлены и изучены разнообразные рудопроявления. Поэтому своевременное получение информации о местоположении, размерах и конфигурации этих объектов на любом этапе геологопоисковых работ имеет важное прикладное значение.

Гидротермальные изменения горных пород на дневной поверхности проявляются по-разному [101]. В одних случаях местоположение пород такого типа индицируется аномальной окраской поверхности, в других — помимо аномальной окраски специфическим комплексом микроформ рельефа. Так, в подавляющем числе случаев на присутствие гидротермально измененных пород указывают разнообразные по форме и цвету (бурые, желтые, красные, зеленые и др.) пятна, резко выделяющиеся на общем цветовом фоне ландшафта. На черно-белых аэроснимках таким пятнам, как правило, отвечают участки с наиболее светлыми оттенками фототона, реже темные, но всегда контрастные по отношению к общему полю фотоизображения. В ряде случаев, помимо цветовой аномалии, к полям развития пород такого типа приурочены разнообразные, преимущественно сглаженного облика формы рельефа, усложненные многочисленными бороздами, буграми, рывтинами, скальными останцами причудливых очертаний (см. фиг. 35).

Весьма интересен факт развития локальных оползневых склонов в пределах полей развития гидротермально измененных пород (см. рис. 10). На стереомодели этих участков территории обычно отчетливо видны бугристые поверхности со множеством обелископодобных скальных останцов и локальные, резко выделяющиеся на общем фоне изображения пятна светлых оттенков фототона. Однако наибольшие трудности возникают при выявлении таких объектов на черно-белых аэроснимках тогда, когда они не имеют достаточно четкого выражения в основных компонентах ландшафта.

Изучение аэрофотоизображения таких объектов показало, что успешно дешифрировать их все-таки можно, но лишь на территориях распространения многолетней мерзлоты. Дело в том, что криосолифлюкционные процессы по-разному протекают в слабо и интенсивно измененных гидротермальными процессами вулканических породах. В условиях криогенно-денудационного рельефа продукты разрушения коренных пород формируют своеобразный склоновый чехол. В приводораздельном комплексе форм рельефа преобладают курумные образования, которые вниз по склону сменяются солифлюкционно-курумными, курумово-солифлюкционными и, наконец, солифлюкционными, слагающими подножия склонов. Появление мелкоземных образований в приводораздельных участках нарушает закономерное распределение обломочного материала в склоновом чехле.

Образование мелкоземного солифлюксия в не свойственных ему условиях связано с различными явлениями: 1) выносом алевритовых частиц пластово-трещинными водами из зон дробления, 2) переотложением и дифференциацией рыхлых образований, изначально содержащих обильное количество алеврита (например, из моренных супесей или суглинков), 3) интенсивным разрушением гидротермально измененных пород. Каждому из этих трех типов накопления мелкозема соответствует свой признак-индикатор.

Мелкоземный солифлюксий, образующийся в зонах разгрузки пластово-трещинных вод, всегда пересыщен влагой, поэтому на аэрофотоматериалах ему соответствуют обычно темные оттенки фототона, локализующиеся в виде полос или цепочковидных обособлений, приуроченных, как правило, к зонам разрывных нарушений. Солифлюксий, развивающийся на поверхности моренных образований, всегда менее влагонасыщен и характеризуется тонкоструйчатым рисунком аэрофотоизображения и относительно светлым фототонем (см. фиг. 30). Мелкоземный солифлюксий, образующийся в пределах полей развития гидротермально измененных пород, наименее влагонасыщен и, что наиболее важно, всегда имеет существенно более тонкий гранулометрический состав. Эти свойства «гидротермального» мелкозема определяют его повышенную мобильность при транспортировке вниз по склону. Скорость его транспортировки настолько велика, что на поверхности солифлюкционных образований данного типа не могут закрепиться не только кустарники или деревья, но даже мхи, лишайники и травы. На местности и на аэроснимках обычно отчетливо видны «струи», «потоки» и «веера» растекания алевритовых и солифлюкционных отложений (см. фиг. 24, 34, 35 и рис. 10). Большой частью они окрашены в бурый, желтый, реже — красный цвет. На аэроснимках этим проявлениям ландшафта обычно отвечают участки наиболее светлых оттенков фототона (см. фиг. 11).

Используя эти свойства объекта изучения, вполне возможно оперативно и достаточно надежно обнаружить и оконтурить местоположение участков и зон гидротермально измененных пород, используя для этой цели ординарные АС.

Предлагается следующая последовательность работ. 1. На фотопланах (фотосхемах) среднего масштаба выявляются линейные аномалии светлых оттенков фототона. 2. На АС среднего масштаба дешифрируются аномальные (по отношению к общему облику ландшафта) элементы рельефа — «струи», борозды, оползни и пр. 3. На АС среднего, затем крупного масштаба (либо на увеличенных в 3—4 раза контратипах) дешифрируются аномальные проявления мелкоземного солифлюксия, среди которых с помощью конкретных ландшафтных признаков-индикаторов выделяются проявления мелкоземного солифлюксия, индицирующие гидротермально измененные породы.

4. С помощью перечисленных выше признаков оконтуриваются поля и зоны развития гидротермально измененных пород.

5. На основании анализа материалов, касающихся металлогении изучаемой территории, делается предварительное заключение о вероятной рудной специализации выявленных полей гидротермально измененных пород.

**Дешифрирование путей переноса рудного материала.** Дешифрирование путей переноса рудного материала имеет важное прикладное значение, так как существенно облегчает решение вопроса о связи россыпных проявлений с коренными источниками рудного вещества [42]. Намеченные таким способом пути переноса рудных компонентов позволяют оперативно скорректировать размещение горных выработок и точек опробования. Пути переноса обычно рассматриваются совместно с процессами, происходящими на склонах междуречий, так как перенос рудного материала совершается в составе рыхлых образований склонового чехла и определяется типом перемещения отложений (типом склона) и дальностью переноса.

Дешифрирование таких объектов лучше всего проводить на оригинальных аэроснимках среднего масштаба либо на увеличенных в 2—3 раза мелкомасштабных аэроснимках. Они позволяют достаточно точно ограничить области сноса, выявить транзитные участки склонов междуречий и оконтурить участки аккумуляции по характерным признакам деструктивных, равновесных и аккумулятивных форм рельефа.

Дешифрирование целесообразно начинать с выделения области сноса, которая ограничивается линиями водоразделов. Если они узкие, операция не вызывает трудностей. В случае широких уплощенных водоразделов эти линии проводятся условно, в зависимости от уклонов поверхности стереомодели. При ограничении области сноса следует помнить о возможном смещении линий водоразделов в плане, а также об изменении их положения в процессе развития рельефа.

В пределах междуречий с различным типом рельефа перемещение склонового чехла будет проявляться по-разному. В пределах альпинотипного и эрозивно-денудационного типов рельефа, относящихся к категории хорошо обнаженных районов, преобладают гравитационные перемещения обломочного материала — обвальный и осыпной. Участки обваливания на аэроснимках дешифрируются скальными поверхностями, расчлененными бороздами и рытвинами, по которым происходит перемещение грубообломочного материала в сторону коллювиальных конусов накопления. В рисунке аэрофотоизображения осыпных склонов отражена неясная полосчатость, отвечающая неравномерному осыпанию на разных их участках. Светлым полосам соответствуют наиболее свежие осыпи. Гравитационные перемещения рыхлого материала наиболее активны и способствуют наиболее дальнему переносу рудных компонентов.

На склонах междуречий, осложненных эрозионными лотками и водосборными воронками, пути переноса обычно ограничиваются элементарными бассейнами. Водосборные воронки и лотки имеют характерный «центробежный» рисунок линий склона — деллей, сходящихся в «фокусе» воронки (см. фиг. 27). Ниже «фокуса» воронки прослеживается эрозионная форма — канал стока. Он соединяет водосборную воронку с конусом выноса, переходя нередко в русло постоянного водотока.

На участках широкого развития средне- и низкогогорного криогенно-денудационного типов рельефа, характеризующихся удовлетворительной и плохой обнаженностью коренных пород, выявление путей переноса рыхлого материала с помощью прямых признаков не всегда возможно. Косвенные признаки облегчают решение задачи лишь в том случае, если удастся на АС различить разновидности склоновых образований, обусловленные различиями в механическом составе слагающих их отложений, точнее по наличию в склоновом чехле мелкозема. Количество мелкозема в склоновом чехле определяет интенсивность и дальность склонового транзита.

Курумовые образования (см. фиг. 6) являются малоподвижными. В условиях медленного смещения курума продолжающееся выветривание и истирание обломков приводит к тому, что рудный материал обособляется в виде частиц меньшей крупности, чем вмещающие породы. В этом случае образуются механические ореолы рассеяния закрытого типа. Рудный материал вероятнее всего находится в заполнителе грубообломочного чехла солифлюкционно-курумовых и курумово-солифлюкционных склонов. На поверхностях такого типа склонов линии движения обломочного материала дешифрируются по-разному. На склонах курумово-солифлюкционного типа эти линии определяются по неясной полосчатости выстилающихся поверхностей.

На склонах солифлюкционно-курумового типа такие линии либо не видны, либо проявлены крайне плохо, так как для данного типа склонов перемещение материала по типу солифлюкции еще не приобрело четкого морфологического выражения и происходит главным образом за счет оползания или оседания разнообразных блоков пересыщенных влагой пород. В пределах такого типа склонов весьма вероятно обнаружить открытые ореолы рассеяния.

Наиболее четкие следы движения обломочного материала на склонах междуречий имеют те их участки, в пределах которых широко развит мелкоземный солифлюксий. Однако несмотря на кажущуюся простоту определения путей миграции рудных компонентов, в таких случаях криосолифлюкционные линии и полосы (см. фиг. 27) не могут служить безусловным и единственным признаком путей его перемещения, так как солифлюксий является весьма динамичным материалом, способст-

вует разносу и разубоживанию рудных минералов при обилии мелкозема. Подобное соображение, к сожалению, заставляет расширять зону поиска и опробования.

В средних и верхних частях склонов междуречий, где чаще всего обнаруживается аномально развитый мелкоземный солифлюксий, рыхлые отложения могут иметь двучленное строение: верхний горизонт (солифлюкционный) — транзитный — чаще всего лишен рудных минералов; нижележащий, менее подверженный движению горизонт — наиболее вероятный аккумулятор рудных обломков. В таком случае может образоваться закрытый тип ореола рассеяния.

Наибольший эффект от такого приема дешифрирования следует ожидать в том случае, если он комплексирован с другими методами поисков, такими как обломочно-речной, шлиховой, донный и др. Вместе с тем применение АС вполне может быть эффективным и при комплексировании с валунно-ледниковым методом поисков, так как они позволяют оконтурить участки аккумуляции, экзарации и область питания ледников.

**Аэровизуальные наблюдения.** Методика и техника аэровизуальных наблюдений детально описаны в ряде руководств и статей [4, 49, 61, 68, 73]; ниже рассматриваются лишь некоторые специальные вопросы проведения таких работ.

Аэровизуальные наблюдения наиболее эффективны в начале полевых работ. Основными задачами аэровизуальных работ на этом этапе являются уточнение сети наземных маршрутов и предварительная оценка репрезентативности данных предполевого дешифрирования. Работу выполняют два бортонаблюдателя. Один из них собирает сведения для решения организационных вопросов (выбора базового лагеря, временных лагерей, определения очередности наземных маршрутов и др.), другой занимается выборочной проверкой данных предварительного дешифрирования.

Проведению этих видов работ предшествует соответствующая подготовка. 1. На карты предполевого дешифрирования наносятся линии аэровизуальных полетов с обозначением пунктов-ориентиров, фиксирующих начало и окончание наблюдений. 2. На перфокартах вычерчивается матрица для записи кодированных сведений о степени достоверности границ картируемых объектов, о конкретных формах рельефа, растительности, цвете пород, о различных аномалиях в строении склонового чехла рыхлых образований и др. (Этот вид работ выполняется только в случае отсутствия или поломки магнитофона или диктофона.) 3. Разрабатывается и обсуждается с командиром корабля система звуковой и световой сигнализации оповещения о времени прохождения соответствующих ориентиров.

Несколько слов о записи наблюдений на перфокарту. На лицевой стороне перфокарты с двойной перфорацией записываются номер маршрута, входной и выходной ориентиры, фамилии

руководителя полета и наблюдателей, вычерчивается матрица (табл. 9).

Таблица 9

Аэровизуальный маршрут № 1

Ориентир № 1 Вход: гора Янтай		Ориентир № 2 Выход: гора Двуглавая				
Руководитель полетов Иванов И. И. Наблюдатель Сидоров С. С.						
Геологический объект	Соответствие границ	Водораздел	Склон	Цвет пород	Растительность	Слоистость
1. Осадочные $N_1$	+	Широкий	Выпуклый $20^\circ$	Серый	кк	+
2. Вулканогенные р	+!	Узкий	Ступенчатый $30^\circ$	Темно-серый	—	+!
3. . . . и т. д.						

В первом пункте матрицы зафиксировано: в пределах развития осадочной толщи миоцена, выделенные на предварительном этапе дешифрирования, границы полей соответствуют границам полей, видимым с самолета; водоразделы чаще широкие, реже — узкие, склоны выпуклые, пологие (не более  $20^\circ$ ), цвет пород преимущественно серый, растительность кустарничково-кустарниковая (кк); слоистость видна хорошо.

Во втором пункте матрицы записано: в пределах вулканогенных пород палеогена совпадение границ, выявленных дешифрированием, полностью соответствует наблюдаемым с самолета; водоразделы преимущественно узкие, склоны ступенчатого профиля (не более  $30^\circ$ ), окраска пород темно-серая, кустарничково-кустарниковая растительность отсутствует (только мхи и лишайники — разомкнуты), слоистость видна превосходно. Подобных записей на одной перфокарте можно сделать до десяти.

Оборотная сторона перфокарты предназначена для записи дополнительных, не предусмотренных матрицей сведений.

Применение перфокарт с кодированной записью наблюдений существенно облегчает работу наблюдателя, экономит его силы и время, минимально отвлекая от основной работы.

Аэровизуальные работы целесообразно выполнять не только в начале полевого сезона, но и в середине его и на завершающем этапе, когда возникает необходимость решить спорные

вопросы картирования, уточнить какие-либо детали геологического строения, когда необходимо наметить дополнительные поисково-съёмочные маршруты или выявить с воздуха объекты, заслуживающие дополнительного опоскования и др.

Аэровизуальные наблюдения хорошо сочетать с дешифрированием аэрофотоматериалов, используя с этой целью мелко-масштабные фотосхемы (фотопланы). Подобное дешифрирование имеет ряд особенностей, поскольку выполняется чаще всего не стереоскопично. С его помощью выявляются те элементы геологического строения территории, которые по какой-либо причине не находят прямого отражения на фотоматериалах.

Аэровизуальные наблюдения желательно сопровождать бортовой фотосъёмкой наиболее важных объектов изучения.

### СИСТЕМАТИЗАЦИЯ ОПЫТА ДЕШИФРИРОВАНИЯ

Накопление и систематизация опыта дешифрирования — необходимый элемент методики геологического дешифрирования фотоматериалов. Основными видами этих работ следует считать:

1) изучение дешифрировочных свойств картируемых объектов, 2) систематизацию сведений о компонентах ландшафта, способствующих обнаружению или опознанию геологических и геоморфологических объектов, 3) формулирование вновь выявленных признаков дешифрирования.

Перечисленные задачи решаются методом тщательного изучения типичных фотоизображений, в пределах которых геолого-ландшафтная обстановка исследована особенно тщательно и сопровождается достоверным и детальным полевым описанием главных ее элементов.

Формой систематизации опыта дешифрирования могут служить разнообразные по замыслу и стилю исполнения таблицы признаков дешифрирования и аннотированные фотоснимки-иллюстрации.

#### *Таблицы признаков дешифрирования*

В основе составления таблиц признаков дешифрирования лежит сравнительная оценка дешифровочных свойств картируемых объектов. По вертикали, в традиционной геологической манере, характеризуются объекты изучения, подчеркиваются основные свойства пород, разрывных нарушений, разнообразных границ и др. По горизонтали располагают сведения (табл. 10) об основных компонентах ландшафта и некоторых особенностях фотоизображения соответствующих объектов.

В левой части таблицы на стыке литолого-петрографических и других характеристик объекта с характеристиками компонент ландшафта и фотоизображения помещают типичные фотоизо-

Признаки дешифрирования и характер их описания

№ п/п	Геологический объект	Стереограмма	Основные элементы ландшафта и фотоизображения				Примечания
			Форма рельефа	Растительность и увлажненность	Рисунок фотоизображения	Фототон, его оттенки и характер их сочетания	
1...	Пойменные и русловые галечники, пески		Поверхности поймы, русла и прирусловых отмелей	Древесно-кустарниковая растительность отсутствует; переувлажнено	Сруйчатопятнистый в сочетании с точечным	Светло-серый и темно-серый в контрастном сочетании	Много стариц, проток, озер

и т. д.

...14...	Туфы смешанного состава		Водоразделы гребневидные, склоны крутые, зазубренные (40—60°), иногда отвесные, гравитационные, много каров, карлингов, рельеф альпинотипный, высокогорный, большое количество останцов и пилообразных гряд	Растительность отсутствует; относительно сухо, мхи и лишайники развиты на каменистых поверхностях	Грубополосчатый	Контрастное сочетание полос темного и светлого фототона	Много скальных обособленных структурных поверхностей на водоразделах и склонах
----------	-------------------------	--	---	---	-----------------	---	--

и т. д.

бражения (моно либо стерео) характеризуемых объектов. Типичные фотоизображения объекта изучения изготавливаются из контратипов основного комплекта АС в едином масштабе. Изучаемые объекты всегда в той или иной степени находятся во взаимосвязи с другими объектами. Поэтому при изготовлении стереограмм размеры вырезок из АС не должны быть очень малых размеров. Максимальный размер стереограммы в таблице признаков дешифрирования лимитируется обычно размерами графы, отведенной для них. Однако такие объекты, как, например, толщи, свиты, вулcano-тектонические структуры и другие, из-за своих размеров не всегда могут быть проиллюстрированы таким образом. Помещать же в этих графах вырезки из фотопланов (фотосхем) или мелкомасштабных КС вряд ли целесообразно, так как принцип сопоставимости фотоизображения в данном случае нарушится. Стереограммы изготавливаются из АС основного комплекта. Целесообразно перед размножением наклеить их на миллиметровую бумагу; таким способом

Признаки дешифрирования и их описание

№ п/п	Относит. возраст	Индекс	Генезис	Объект изучения	Признаки дешифрирования							Достоверность дешифрирования по элементам	Примечание
					Прямые			Косвенные					
					Форма	Размер (км <sup>2</sup> )	Фототон	Микроэрозийн. расчлен. поверхности	Проявление трещиноватости	Характер движения массы по поверхности	Сохранность первичной формы рельефа		
1	Голоцен	Q <sub>IV</sub>	Пролувий	Валунощепнистые суглинки; реже супеси	Треугольная, лопастная	0,5—2,0	Светлосерый	Редкие глубоко-врезанные промоины, расположенные веерообразно	—	Струеобразный	Хорошая	Обнаруживаются, оконтуриваются и интерпретируются хорошо	—
21	Верхний плейстоцен (третий комплекс)	Q <sub>III</sub> <sup>3</sup>	Эксплозивные породы	Шлаковые конусы, сложенные пиропластикой основного—среднего состава	В плане неправ. округлая, амебообраз. стереомодель, усеченный конус с кратером	1—1,5	Серый, реже темносерый	Редкие, неглубокие промоины—центробежные	—	Веерообразное осыпание, формируются склоны естественного откоса	Удовл., редко хорошая	Обнаруживаются, оконтуриваются и интерпретируются хорошо	В некоторых случаях отчетливо виден центральный шток спекания

и т. д.

и т. д.

можно добиться точного соприкосновения левой и правой вырезки, а также соседствующих стереограмм.

В районах, где вулканический аккумулятивный рельеф не претерпел воздействия денудации и некоторые специфические его формы сохранили первоначальные очертания, можно использовать таблицы признаков дешифрирования, построенные по тому же принципу, но с иным набором сведений в правой ее части (табл. 11).

### *Подбор, дешифрирование и аннотирование фотоснимков-иллюстраций*

В. Д. Глезер с соавторами в результате многолетних исследований пришли к выводу о наличии трех типов зрительного опознавания изображений, которые осуществляются с помощью: 1) врожденных специализированных механизмов, 2) вырабатываемых сложных признаков и 3) выученного эталона. Человеку свойственно начинать зрительное опознавание изображения с выделения таких простых его признаков, как ориентация линий, длина линий, положение объекта в поле зрения, размер изображения. Выбор предметных рисунков и геометрических фигур осуществляется с помощью сложных разделительных признаков, используемых для опознавания каждого из них. Лишь после определенной тренировки наблюдателя на ограниченном наборе изображений тип опознавания существенно изменяется; для каждого изображения вырабатывается один сложный признак, т. е. формируется эталон. Такой тип опознавания может формироваться и в процессе индивидуального опыта и обучения, если какие-либо изображения появляются довольно часто. Однако основным типом опознавания сложных изображений в реальных условиях является, по-видимому, выбор в определенном алфавите (наборе) зрительных образов. Вместе с тем формирование новых эталонов для узнавания некоторых изображений у взрослого человека вполне возможно. С этих позиций не трудно понять, сколь важную роль в системе обучения дешифрировщика играют аэрофотографические эталоны.

Аэрофотографическое эталонирование как метод накопления и систематизации дешифрировочной информации широко применяется при топографических, геоботанических, геоморфологических и других видах исследований. В геологии этот метод не нашел широкого применения. Правда, в последние годы опубликовано большое число аннотированных аэроснимков, содержащих геологическую информацию, но использовать их как эталонные вряд ли возможно. Каждый из таких снимков содержит интересную и чаще всего уникальную информацию, аналоговые свойства которой весьма ограничены и могут быть реализованы нередко лишь в пределах характеризуемой площади. В специальной литературе такие снимки получили название ти-

пичных [4, 16]. Между тем смысл аэрофотографического эталонирования заключается в использовании эталонной информации на некотором удалении от ее источника (ключевого участка), на территориях, еще не изученных. Трудности аэрофотографического эталонирования геологических объектов связаны прежде всего со свойствами самих объектов изучения. Действительно, многообразие форм их проявления, сложные коррелятивные связи с объектами иного происхождения, огромное разнообразие природных условий, обуславливающих существенно разное проявление однотипных геологических объектов на дневной поверхности, уникальные, часто не имеющие аналогов взаимоотношения разнообразных элементов геологического строения — все это в очень малой степени способствует успешному применению названного метода. Несмотря на это, а может быть даже и вопреки, метод аэрофотографического эталонирования применительно к решению геологических задач несомненно будет развиваться и совершенствоваться. Основой для этого в дальнейшем послужат именно типичные аэроснимки-иллюстрации, содержащие разнообразную, конкретную геологическую информацию. Поэтому на современном этапе исследований правильному подбору, дешифрированию и аннотированию типичных аэроснимков-иллюстраций следует уделять особое внимание.

Территории, занятые вулканическими поясами за вычетом площадей с существенно утраченным обликом первично вулканических ландшафтов, а также участки с новообразованными ландшафтами в целом весьма благоприятны для применения метода аэрофотографического эталонирования. Особенно благоприятны в этом отношении районы молодого и современного вулканизма, характеризующиеся устойчивым, нередко однотипным проявлением геологических процессов и явлений.

Приступая к подбору аэроснимков-иллюстраций, следует иметь в виду, что в качестве таковых могут быть использованы лишь те, дешифрировочная информация которых имеет надежное наземное обоснование. С учетом этого критерия общее число типичных снимков может быть определено, с одной стороны, перечнем объектов, подлежащих изучению, с другой — масштабом и форматом используемых аэроснимков (на крупноформатных АС размещается большее число объектов). Площадь аэроснимка, очерченная «линиями Романовского», представляется оптимальной для подавляющего числа иллюстраций. Лишь в отдельных случаях допустимо использовать вырезки меньшего формата. Объекты малых и крупных форм иллюстрируются соответственно на увеличенных либо уменьшенных АС. В этом случае монтируется воедино несколько уменьшенных аэроснимков. При благоприятном стечении обстоятельств такие иллюстрации можно изготовить из КС. Увеличение и уменьшение исходного аэрофотоизображения допустимо, но не более чем в

3—4 раза. С позиций восприятия изображения наиболее приемлемой его формой является квадратная (квадратная форма АС привычна дешифрировщику).

Оптимальным масштабом аэроснимка-иллюстрации следует признать масштаб АС основного комплекта фотоматериалов, т. е. тех АС, на которых в основном выполняются фотогеологические исследования и результаты которых иллюстрируются. Для изготовления иллюстраций такого рода чаще всего используют контратипированные аэроснимки (копии контактной печати), тогда как правильнее было бы для этих целей применять контактные отпечатки (в этом случае потери информативности фотоизображения будут минимальными).

Приступая к дешифрированию АС-иллюстрации, следует помнить, что выбор стиля изображения дешифрировочной информации зависит главным образом от назначения АС-иллюстрации: 1) для фиксации наблюдения, 2) для обобщения наблюдений по площади, 3) для иллюстрации ошибочного дешифрирования и 4) для обучения менее опытного дешифрировщика.

Дешифрирование АС для фиксации какого-либо факта наблюдения осуществляется выборочно, т. е. на АС показывается иллюстрируемый объект, сопровождаемый другими, коррелятивно с ним связанными.

Дешифрирование АС для обобщения конкретных наблюдений по площади также осуществляется выборочно, но в этом случае иллюстрируемый объект показывается в различных геолого-ландшафтных условиях. В этих случаях нередко типичный АС может быть составным.

Дешифрирование АС для иллюстрации ошибочного дешифрирования предусматривает изображение природного компонента с объяснением причин ошибки.

Дешифрирование АС для обучения является наиболее ответственным и трудоемким. В данном случае производится так называемое полное дешифрирование АС. Нередко снимок содержит такое количество информации, что при одновременном ее изображении на АС создается эффект торможения (глаз наблюдателя не воспринимает изображение; необходимо длительное время для его рассматривания и расчленения на составляющие его элементы). В таких случаях на АС целесообразно оставлять основную информацию (в большинстве случаев это будут выделы картируемых объектов). Дополнительная информация расчленяется и выносится на схемы-накладки (трещиноватости, слоистости, фаций, характерных форм, типов растительности и почв и др.). Наиболее целесообразно такие схемы-накладки делать на прозрачном пленочном материале. Однако хранение таких схем в тексте окончательного отчета не всегда возможно. Поэтому более реально вычерчивать их на размноженных в фотограмметрических предприятиях АС и поме-

щать рядом с основной схемой дешифрирования. В особо интересных случаях дешифрируется не все поле АС-иллюстрации, а левая или правая его половина. В этом случае обучающийся может самостоятельно отыскать по аналогии интересующие его объекты. АС со второй половиной дешифрирования помещаются в карман отчета и при необходимости могут быть использованы при контроле решения, принятого обучающимся.

Завершающая стадия составления аннотированной АС-иллюстрации состоит в написании текста аннотации. Исчерпывающей рекомендации по плану описания дешифровочной информации сделать довольно трудно. На данном этапе фотогеологических исследований такое описание скорее всего должно быть произвольным, не связанным узкими рамками какого-либо строгого плана. Однако перечень необходимых элементов такого описания, по-видимому, привести в данном разделе целесообразно и необходимо.

При составлении текста аннотации необходимо (иногда желательно) располагать сведениями о некоторых элементах аэрофотосъемочного залета, к которым в первую очередь следует отнести шифр объекта, высоту стояния солнца, сезон аэросъемки, тип аэропленки, фокусное расстояние объектива и масштаб АС.

Территория, изображенная на АС, привязывается к определенной геолого-ландшафтной зоне. Указываются конкретная провинция, область, район, крупная тектоническая структура и ее элементы (вулканические зоны, структуры, поля), после чего кратко характеризуют основные экзогенные проявления ландшафта, такие как рельеф, растительность, почвы, климат. И только после этого приступают к характеристике конкретных объектов дешифрирования, подлежащих аннотированию. Порядок их описания, как уже было сказано выше, может быть произвольным. Он сможет меняться в зависимости от цели составления аннотации, от степени изученности объекта, от значимости аннотируемых объектов, наконец, от размеров (формата) АС-иллюстрации, вернее числа аннотируемых объектов, стабильности их изображения по площади, повторяемости и многих других причин. В одних случаях аннотация может быть расширенной, например, как аннотация к фиг. 36. В другом случае (см. фиг. 37) можно ограничиться кратким описанием. В обоих случаях, это легко заметить, не приведены необходимые сведения об аэросъемочном залете: шифр, высота стояния солнца, тип пленки, масштаб АС и др. В данном конкретном случае нет необходимости в таких сведениях, поэтому они опущены.

При описании дешифровочных свойств аннотируемых объектов следует обращать особое внимание на те их свойства, которые проявляются либо в виде прямых (форма, размер, фототон или цвет), либо косвенных признаков (избирательная приуро-

ченность почв, растительности, форм или типов рельефа, проявление особого типа микроэрозионного расчленения, трещиноватости и многие другие). В заключении аннотации желательны отражать сведения о степени дешифрируемости иллюстрируемых объектов. Аннотация датируется (месяц и год ее составления) и подписывается дешифрировщиком и руководителями работ. В качестве примера приведем текст аннотации к схеме дешифрирования и АС (см. фиг. 36).

Участок характеризует большую часть постройки вулкана Безымянного (современная высота примерно 2900 м). Рельеф высокогорный, вулканического типа, резко расчлененный. Древесно-кустарниковая растительность отсутствует. На склонах с абсолютными отметками ниже 1000 м — редкий травяно-моховой покров. На склонах северной экспозиции сохраняются современные ледники. Во время катастрофического извержения вулкана в 1955 г. значительная часть старой вулканической постройки была уничтожена и образовалось конусовидное углубление (кратер), современная кромка которого (11) дешифрируется уверенно и достаточно подробно. Внутри кратера «вырос» андезитовый экструзивный купол «Новый» (6), обнаружение и дешифрирование которого не затруднительно, благодаря характерной куполовидной форме и «шелушению» его склонов. От основания купола «Новый» в виде раструба отходят пирокластические потоки (5) андезитового состава (светло-серый фототон, струйчатый рисунок фотоизображения). Среди пирокластических образований отчетливо выделяются островерхие, удлиненно-овальные холмы, сложенные пирокластическими образованиями более ранних генераций. В основании купола «Нового» в виде каемки осыпей развиты образования раскаленных лавин (7), к которым примешивается материал грязе-каменных потоков. В склонах кратера отчетливо выделяется слоистая толща, отвечающая существенно лавовому андезитовому комплексу (3), залегающему в верхней части кратерных склонов, и толща существенно пирокластического комплекса андезитового состава, который залегает ниже (4). На склонах вулкана отчетливо дешифрируются лавовые потоки андезитов (3), имеющие характерный амебообразный рисунок фотоизображения. В некоторых случаях дешифрируются единицы потока — языкообразные отторжения лав во фронтальных частях потоков (ЕП). Лавовые потоки обтекают экструзивные купола (6). Отчетливо дешифрируются морены (8) и комплекс рыхлых образований (9). Обособляются базальтовые лавы вулкана Камень (1) — ребристый рисунок фотоизображения, темно-серый фототон. Несколько иначе дешифрируются эффузивно-пирокластические образования вулкана Камень (2) — светлые оттенки фототона, поперечно-ребристый рисунок фотоизображения. На склонах купола «Новый» отчетливо видны фумаролы (10).

## РАИОНИРОВАНИЕ ВУЛКАНИЧЕСКИХ ПОЯСОВ ДАЛЬНОГО ВОСТОКА ПО СТЕПЕНИ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ДЕШИФРИРУЕМОСТИ

**Принципы районирования.** При составлении схемы районирования автор исходил из предпосылок, что основными факторами, определяющими геологическую дешифрируемость вулканических поясов, являются рельеф, почва и растительность (обнаженность), литолого-петрографические особенности горных пород, условия их залегания и климат. Влияние других факторов этой группы на геологическую дешифрируемость вулканических поясов столь незначительно, что ими вполне можно пренебречь. При районировании вулканических поясов по степени дешифрируемости. При выделении геолого-ландшафтных разновидностей территорий за основу принимались направленность и степень влияния факторов «геологической группы», при выделении участков с различной степенью дешифрируемости — направленность и степень влияния факторов «географической группы». Была использована следующая система таксономических единиц: зона, подзона, группа районов, район, подрайон и участок.

Зонами дешифрируемости названы пространства, очерченные границами морфоструктур вулканических поясов, характеризующиеся особым, свойственным только им проявлением природных факторов дешифрируемости.

Подзонами дешифрируемости названы крупные участки зон, в пределах которых направленность и степень влияния ведущих факторов геологической дешифрируемости стабильны по всей площади.

Группами районов названы достаточно крупные части подзон, в пределах которых степень влияния природных факторов на геологическую дешифрируемость может быть различной, однако направленность этого влияния повсюду остается однотипной и неизменной.

Район дешифрируемости — участок территории, принадлежащей группе районов, в пределах которых геолого-ландшафтные условия формируют однотипное и слабо изменяющееся по латерали проявление природных факторов дешифрируемости.

При разграничении территории вулканических поясов на участки с различной степенью дешифрируемости использовались следующие критерии.

1. При хорошей дешифрируемости на фотоизображениях видны границы большей части стратифицирующихся объектов, контакты большинства интрузивных массивов, различные ком-

плексы четвертичных отложений, практически любые разрывные нарушения. В таких районах на стадии предварительного дешифрирования можно получить представление об основных чертах геологического строения территории и составить макеты геоморфологической и геологической карт.

2. При средней дешифрируемости фотоизображений устанавливаются границы некоторых серий, свит, толщ в благоприятных участках, а на остальной территории выявляются лишь фрагменты слоистости, подчеркивающие общий план строения структур района; контакты интрузивных массивов видны не всегда достаточно отчетливо, хотя в целом выходы интрузивных пород отличаются от вмещающих образований; возрастные и генетические комплексы рыхлых четвертичных отложений дешифрируются почти повсеместно; большая часть разрывных нарушений устанавливается надежно, в таких районах составленные методом дешифрирования геоморфологическая и геологическая карты будут схематическими.

3. При слабой дешифрируемости удается установить лишь преобладающее простирание слоев; крупные интрузивные массивы в целом несколько отличаются от вмещающих пород, но границы их в значительной мере проводятся условно; различные комплексы четвертичных отложений не всегда выделяются достаточно уверенно; многие разрывные нарушения намечаются лишь предположительно, в таких районах на предварительной геоморфологической и геологической картах оказывается возможным показать лишь отдельные черты геологического строения.

На схеме районирования (см. приложение IV) в соответствии с перечисленными критериями выделены участки с преобладающей хорошей, средней и слабой дешифрируемостью геологических объектов. Кроме того, в областях широкого развития рыхлых образований выделяются участки с преобладающей хорошей дешифрируемостью почти повсеместно развитых четвертичных отложений и слабой дешифрируемостью дочетвертичных образований. На таких участках территории (на этапе предполевой подготовки) можно составить схемы: геоморфологическую, развития рыхлых образований и проявлений новейших тектонических движений.

Главным признаком изменения степени дешифрируемости служит характерное изменение совокупности влияния ведущих природных факторов дешифрируемости. Специальные исследования, проведенные на опорных (ключевых) участках, показали различную значимость природных факторов дешифрируемости. По степени убывания значимости влияния ведущие природные факторы дешифрируемости вулканических поясов распределяются следующим образом: рельеф, литогенная основа ландшафта, каменистость поверхности (обнаженность), условия залегания пород, климат.

**Методика районирования.** Основные приемы и способы районирования территорий по степени геологической дешифрируемости рассмотрим на примере материковой части Камчатской области РСФСР.

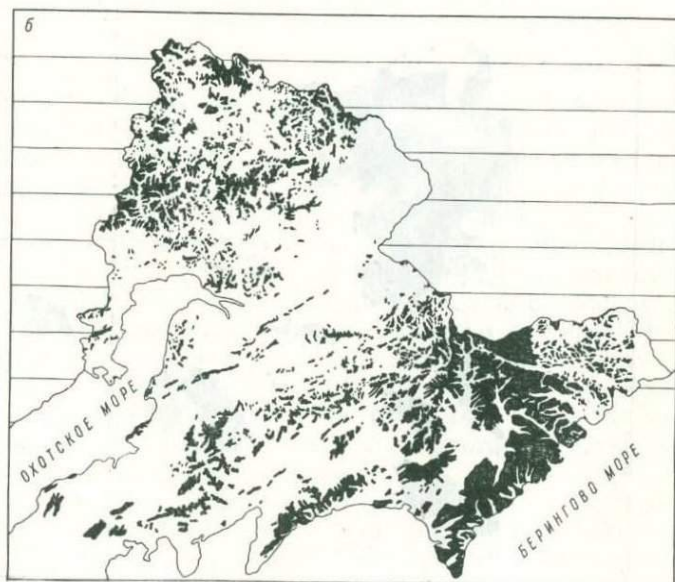
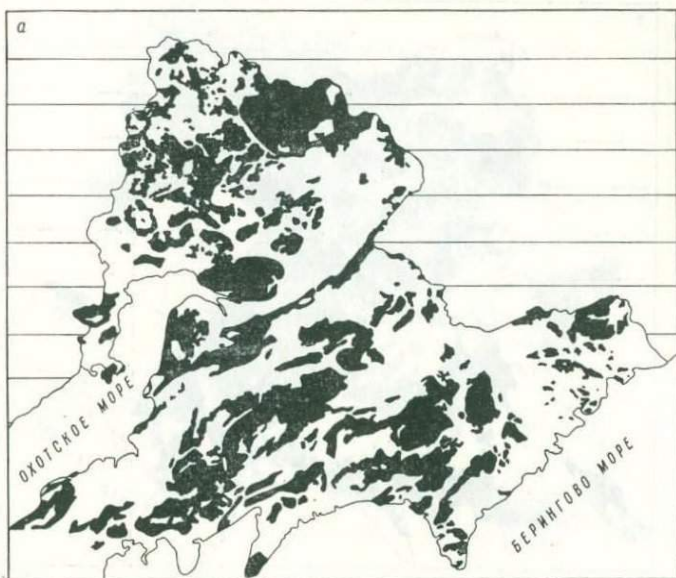
При районировании этой территории автор исходил из следующих предпосылок. 1. Схема районирования должна быть обзорной, но и достаточно детальной, обеспечивающей потребности проектирования не столько традиционных видов геологосъемочных и поисковых работ, сколько более современных, прогрессивных видов региональных геологических исследований, таких как групповая геологическая съемка (ГГС), аэрофотогеологическое картирование (АФГК), геологическое доизучение площадей (ГДП) и др. 2. Критерии оценки влияния природных факторов на геологическую дешифрируемость должны быть максимально объективными, основанными на коллективном опыте исследований. 3. При выделении участков территории с различной степенью дешифрируемости должны использоваться максимально объективные показатели. 4. Границы участков различного таксономического ранга должны проводиться по принципу преобладания характерных, устойчивых сочетаний влияния природных факторов дешифрируемости. 5. Определение категорий дешифрируемости должно быть ясным и согласованным с требованиями практики [90].

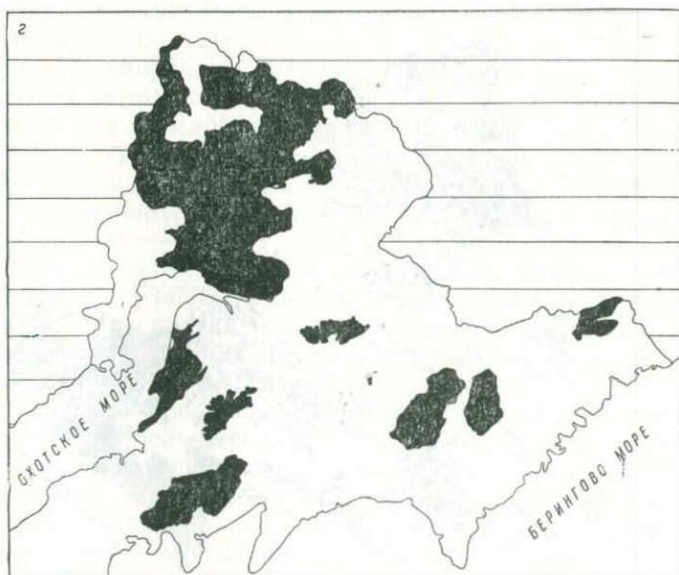
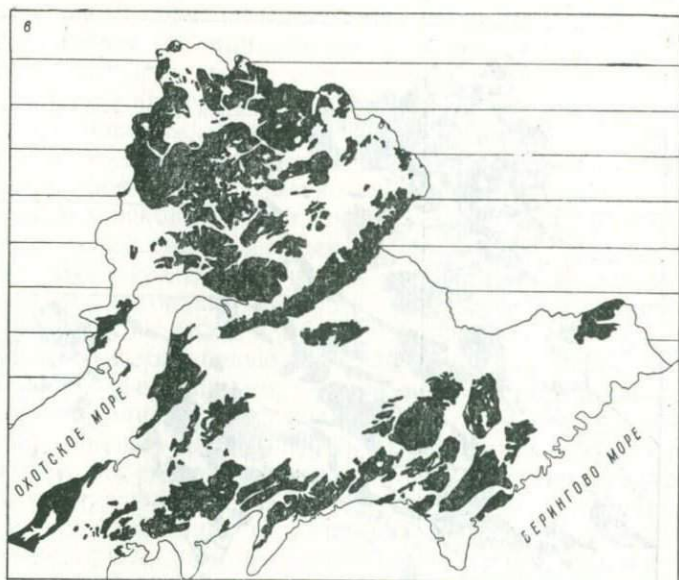
**Первый этап.** Определяются области влияния отдельных факторов. С этой целью составляются карты каждого входящего фактора с обозначением ареалов положительного и отрицательного его влияния. Работа выполняется в следующей последовательности (табл. 12):

1) каждый природный фактор расчленяется на несколько категорий; 2) разрабатываются критерии оценки направленности влияния для каждой разновидности конкретного фактора; 3) с помощью критериев и данных специализированных карт (геоморфологических, почвенных, растительных, геологических и пр.) оконтуриваются ареалы влияния каждого природного фактора (рис. 13).

**Второй этап.** Сведения систематизируются и обобщаются с целью получения данных о характере совокупного влияния ведущих природных факторов дешифрируемости по отношению к элементарной площадке территории (в нашем случае использовалась площадка размером  $500 \times 500$  м).

Эта операция выполняется в следующей последовательности: 1) на листе плотной чертежной бумаги вычерчивается контур исследуемой территории в необходимом масштабе (1 : 1000 000); 2) в пределах контура строится регулярная решетка с ячейкой  $0,5 \times 0,5$  см (по предварительным расчетам в пределах площадки такого размера направленность и степень влияния ведущих природных факторов дешифрируемости остаются неизменными); 3) контур с решеткой совмещается с картами факторов,





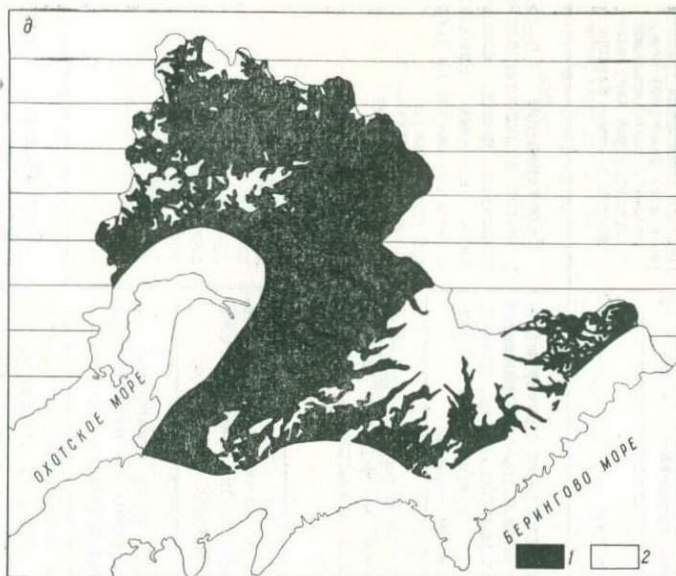


Рис. 13. Ареалы влияния ведущих природных факторов дешифрируемости материковой части Камчатской области: а — рельеф, б — каменистость поверхности, в — литогенная основа; г — условия залегания пород, д — климат  
1 — положительное влияние; 2 — отрицательное влияние

содержащими обобщенные контуры ареалов положительного и отрицательного их влияния; 4) в ячейках регулярной решетки отмечается положительное влияние в виде знака «плюс» или отрицательное влияние в виде знака «минус» для всех ведущих природных факторов дешифрируемости. Запись этих знаковых-символов производится в каждой ячейке регулярной решетки в строгом порядке: в верхнем левом углу ячейки записывается символ влияния факторов «рельеф», в верхнем правом — фактора «каменистость поверхности», в нижнем правом — фактора «литогенная основа ландшафта», в нижнем левом углу — фактора «условия залегания пород», в центре ячейки — фактора «климат». Итогом является схема (рис. 14), отражающая суммарное влияние ведущих природных факторов, отнесенное к элементарной площадке территории.

Опыт проведения подобных операций свидетельствует, что при использовании двоичной системы оценок (да, нет) влияния пяти природных факторов выявляется шесть типов сочетания символов их влияния: 1) в ячейке пять плюсов, 2) в ячейке четыре плюса и один минус, 3) в ячейке три плюса и два ми-

## Природные факторы, определяющие геологическую дешифрируемость материковой части Камчатской области РСФСР

Природные факторы	Факторы дешифрируемости	Влияние факторов дешифрируемости: (положительное — да, отрицательное — нет)		Принцип проведения границы (на картах факторов) между полями с положительной и отрицательной направле- мостью влияния фактора	
		Оценка	Критерий оценки		
Геологические	Литогенная основа ландшафта	Осадочные породы	Да	Толщи пород содержат маркирующие горизонты; сложность отражается в микроформах рельефа (гряды, гривки, увалы, рытвины, ложбины) и в почвенно-растительном покрове	Оконтуривание полей развития вулканогенных и осадочных пород, слоистость которых находит прямое отражение на дневной поверхности
			Нет	Толщи пород не содержат маркирующих горизонтов и мощных пластов «жестких» пород; слоистость не выражена в рельефе	
		Вулканогенные породы	Да	Большая часть элементов геологического строения находит прямое выражение в формах рельефа	
		Интрузивные породы	Нет	Подавляющая часть элементов геологического строения не находит прямого отражения в формах рельефа	
		Метаморфические породы	Нет	Подавляющая часть элементов геологического строения не находит прямого отражения в формах рельефа	
Каменистость поверхности	Скалы и каменные грунты	Да	В скальных обнажениях и каменных грунтах элементы геологического строения выявляются наиболее полно	Оконтуривание полей развития скальных и каменных грунтов	
	Ледники, снежники, мощный чехол рыхлых образований	Нет	Ледники, снежники и мощный чехол рыхлых образований маскируют геологическое строение территории		

Продолжение табл. 12

Природные факторы	Факторы дешифрируемости	Влияние факторов дешифрируемости: (положительное — да, отрицательное — нет)		Принцип проведения границы (на картах факторов) между полями с положительной и отрицательной направле- мостью влияния фактора		
		Оценка	Критерий оценки			
Геологические	Условия залегания пород	Горизонтальное и средненаклонное (амплитуды смещения по разломам незначительные)	Да	Широко развитые структурные останцы, пластовые треугольники, полуэллипсы, трапеции образуют четкие, хорошо различимые формы рельефа	Оконтуривание полей развития пород, залегающих преимущественно горизонтально и средненаклонно с умеренным развитием дизъюнктивных деформаций	
		Крутонаклонное (амплитуды смещения по разломам значительные)	Нет	То же, не находит прямого отражения в формах рельефа		
Географические	Рельеф	эндогенный	Да	Структурные вершинные поверхности фиксируют фрагменты отпрепарированных лавовых потоков и покровов, способствуя их выявлению	Оконтуривание полей развития вулканитов	
		экзогенный	Высокогорный (альпинотипный и эрозионно-денудационный)	Нет	В условиях интенсивных неотектонических движений крутые склоны и резкорасчлененные поверхности междуречий с гравитационными склоновыми образованиями затрудняют изучение геологического строения	Оконтуривание полей развития среднегорного криогенно-денудационного и эрозионно-денудационного рельефа
			Среднегорный (криогенно-денудационный) и эрозионно-денудационный)	Да	В условиях умеренных проявлений неотектонических движений на склонах и водоразделах, подверженных мерзлотной моделировке, наиболее полно выражается строение коренных пород	

Природные факторы		Факторы дешифрируемости	Влияние факторов дешифрируемости: (положительное — да, отрицательное — нет)		Принцип проведения границы (на картах факторов) между полями с положительной и отрицательной направляемостью влияния фактора
			Оценка	Критерий оценки	
Географические	Рельеф	экзогенный	Низкогорный (криогенно-денудационный)	Нет	Элементы геологического строения, расположенные на низких гипсометрических уровнях, маскируются солифлюкционными и долювиальными образованиями
			Депрессии (долы)	Нет	Чехол рыхлых образований различной мощности маскирует строение коренных пород
			Аккумулятивный	Нет	Мощный чехол рыхлых образований с комплексом аккумулятивных форм рельефа маскирует элементы геологического строения коренных пород
Климат	арктических пустынь и тундр	Умеренно континентальный высокогорной арктической пустыни и тундры (абс. отг. 600—800 м)	Нет	Интенсивное разрушение коренных пород в условиях альтипланации низелирует различия в деструктивных свойствах коренных пород	Оконтуривание территории с континентальным климатом

Природные факторы		Факторы дешифрируемости	Влияние факторов дешифрируемости: (положительное — да, отрицательное — нет)		Принцип проведения границы (на картах факторов) между полями с положительной и отрицательной направляемостью влияния фактора	
			Оценка	Критерий оценки		
Географические	Климат	тундр и лесотундр	Резко континентальный	Необлесенных пространств	Да	Способствует развитию (в мерзлотных условиях) селективной денудации, в результате которой геологическое строение территорий более полно отражается на дневной поверхности
				Облесенных пространств	Да	То же, но несколько ослабляется маскирующим воздействием древесного редколесья
			Умеренно-континентальный	Необлесенных пространств	Да	Проявление мерзлотных процессов в высоких широтах, способствующее аномальному проявлению мелкоземного солифлюксия, не ослабевает при уменьшении континентальности климата
				Облесенных пространств	Да	То же, но несколько маскируется листовичным редколесьем
				Морской муссонной области	Нет	Способствует формированию склонового деллювиального чехла, маскирующего элементы геологического строения

нуса, 4) в ячейке два плюса и три минуса, 5) в ячейке один плюс и четыре минуса, 6) в ячейке пять минусов.

Первый тип сочетаний символизирует максимально благоприятные условия дешифрирования, шестой — максимально неблагоприятные. Второй, третий, четвертый и пятый — промежуточные значения условий дешифрирования.

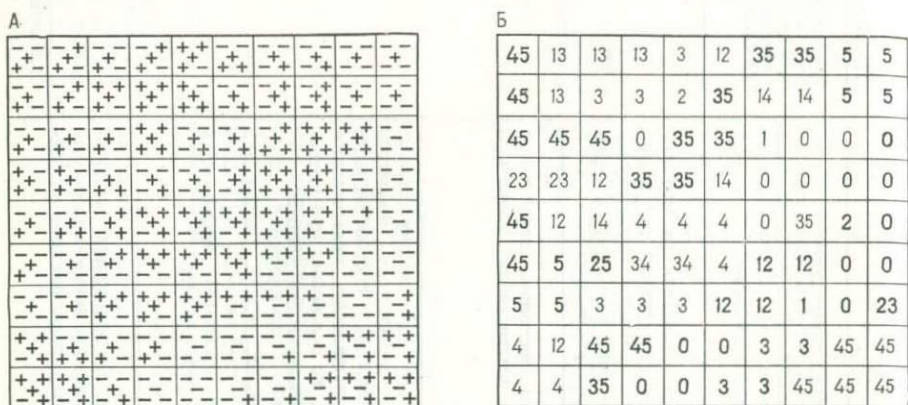


Рис. 14. Фрагменты кодовых карт, фиксирующих влияние ведущих природных факторов геологической дешифрируемости. А — предварительный вариант. Плюс — положительное влияние, минус — отрицательное; Б — окончательный вариант. Жирные цифры — положительное влияние конкретных факторов, тонкие цифры — отрицательное, жирный ноль — все пять факторов оказывают отрицательное воздействие на дешифрирование, тонкий ноль — отрицательные влияния отсутствуют

Для облегчения такого анализа по площади используют несложный прием — кодирование первичных записей. Используется цифровой код: «рельеф» — 1, «каменистость поверхности» — 2, «литогенная основа ландшафта» — 3, «условия залегания пород» — 4, «климат» — 5; положительное влияние фактора обозначается красной цифрой, отрицательное — черной. Для того чтобы не вписывать в ячейки регулярной решетки пятизначные цифры, символизирующие суммарное влияние пяти ведущих факторов дешифрируемости, используется следующий прием. Если в ячейке записано пять плюсов, они преобразуются в черный ноль, символизирующий максимально благоприятные условия дешифрирования (т. е. мешающих дешифрированию факторов в пределах конкретной площадки нет); если в ячейке записано пять минусов, они преобразуются в красный ноль, символизирующий максимально неблагоприятные условия дешифрирования (т. е. способствующих дешифрированию факторов на данной площадке нет); один минус и четыре плюса преобразуются в черную ходовую цифру конкретного фактора (1, 2, 3,

4, 5), символизирующую отрицательное влияние одного и положительное влияние четырех других факторов. По аналогии, если в ячейке записан один плюс и четыре минуса, запись преобразуется в красную кодовую цифру (1, 2, 3, 4, 5) конкретного фактора. Если в ячейке записано два минуса и три плюса, запись преобразуется в двузначную черную цифру (12, 13, 14, 15, 23, 24 и т. д.), состоящую из двух кодовых цифр конкретных факторов. По аналогии, если в ячейке сделана запись двух плюсов и трех минусов, она преобразуется в двузначную красную цифру (23, 45, 13 и т. д.), состоящую из кодовых цифр конкретных факторов. В общей сложности должно сформироваться тридцать два типа сочетаний природных факторов, символизирующих различные условия дешифрирования на исследуемой территории. Следует заметить, что смысловое определение крайних значений дешифрируемости с помощью этих символов несложно: положительное влияние всех пяти природных факторов дешифрируемости предопределяет максимально благоприятные условия дешифрирования, отрицательное — максимально неблагоприятные. Значительно труднее решить задачу определения промежуточных значений, так как степень влияния названных выше факторов неравнозначна.

Третий этап. Анализируется «цифровая» схема с целью выделения единиц районирования различного таксономического ранга. При их выделении используются главный признак районирования (изменение совокупного влияния природных факторов) и признаки — критерии основных таксонов районирования, о которых уже говорилось выше в разделе «принципы районирования».

Четвертый этап (заключительный). Выделяются участки территории, характеризующиеся определенной степенью дешифрируемости. Основой для выполнения этого вида работы служит все та же «цифровая» схема. Выделяются участки четырех категорий дешифрируемости: хорошей, средней, плохой дочетвертичных пород и хорошей дешифрируемости развитых четвертичных отложений. Цифровая схема не только позволяет выявить местоположение участков определенной категории, но, что особенно важно, объективно их оконтурить.

К первой категории дешифрируемости относят участки территории, характеризующиеся следующими типами сочетания влияний природных факторов: 1) черный нуль — отрицательное воздействие факторов отсутствует, 2) одиночные черные цифры 4 или 5 — неблагоприятны только «условия залегания» или только «климат», 3) двузначная цифра 45, т. е. «условия залегания» и «климат» неблагоприятны, а наиболее значимые факторы, наоборот, — благоприятны.

Ко второй категории дешифрируемости относят участки территории, характеризующиеся следующими сочетаниями влияний природных факторов: 1) однозначные черные цифры — 1, 2, 3,

2) двузначные черные цифры — 14, 24, 25, 34, 35 и 3) двузначные красные цифры 12, 13, 23, символизирующие соответственно положительное влияние конкретных четырех, трех и двух природных факторов.

К третьей категории относят участки территории, характеризующиеся следующими сочетаниями природных факторов: 1) черные цифры — 12, 13, 15, 93, 2) красные цифры — 14, 15, 24, 25, 34, 35, 45, 3) красные цифры — 1, 2, 3, 4, 5 и 4) красные нули, символизирующие отсутствие каких-либо положительных воздействий природных факторов на геологическую дешифрируемость.

К четвертой категории относят участки территории с почти повсеместным развитием рыхлых, преимущественно четвертичного возраста отложений, выявляющиеся на цифровой схеме символами «красный ноль» и «красная пятерка», т. е. территории, где природные факторы, определяющие дешифрируемость коренных пород, максимально неблагоприятны, либо их выявлению способствует всего лишь один фактор — «климат».

Сочетание сведений о возможностях фотометода и степени геологической дешифрируемости территории отображается на схеме районирования (см. приложение IV). Схема сопровождается кратким описанием выделенных таксонов районирования и характеристикой геологической дешифрируемости конкретных территорий.

В качестве примера приведем описание таксонов Охотско-Чукотской зоны дешифрируемости.

Охотско-Чукотская зона дешифрируемости пространственно приурочена к Охотско-Чукотскому вулканическому поясу, охватывая Эвенкскую вулканическую зону, Тайгоносский блок, Омолонскую глыбу и Тауйско-Тайгоносскую складчатую зону. В ее пределах выделяются две группы районов: Тайгоносская и Окляно-Пенжинская.

Тайгоносская группа районов располагается на западном побережье Пенжинской губы. Геологическая дешифрируемость здесь определяется отрицательными воздействиями факторов: развитием на большей части территории сложнопостроенных вулканогенных, интрузивных и метаморфических комплексов пород, характеризующихся сходными физико-механическими свойствами и плохой обнаженностью. Рельеф преимущественно низкогорный, со значительными участками равнин. В целом дешифрируемость территории плохая. Участки со средней дешифрируемостью здесь крайне ограничены по площади. Таким образом, геологическая дешифрируемость Тайгоносской группы районов характеризуется в основном плохой категорией дешифрируемости и очень редко средней категорией. Часть территории отнесена к категории, которая характеризует хорошую дешифрируемость повсеместно развитых четвертичных образований (табл. 13).

## Тайгоноская группа районов

Район	Категория*	Основные задачи	Возможности решения задач	
			Предполевой этап	Полевой этап
1	III	1. Выявление форм и типов рельефа 2. Выявление пород различного состава и возраста: а — осадочных неогена б — вулканогенных и вулканогенно-осадочных нижнего и верхнего мела	1 — не ограничены 2а — очень плохие 2б — ограничены 2е — очень плохие 3а — хорошие 3б — плохие 4 — ограничены	1 — не ограничены 2а — ограничены 2б — ограничены 2е — ограничены 3а — не ограничены 3б — ограничены 4 — затруднены
2	III	в — преимущественно осадочных триаса и юры г — разнообразных по составу палеозойских	1 — не ограничены 2 — очень плохие 3 — ограничены 4 — мало перспективные	1 — не ограничены 2 — очень затруднены 3 — затруднены 4 — весьма ограничены
3	III	д — преимущественно метаморфических предположительно докембрийских е — интрузивных меловых, разнообразных гранитоидов и гипербазитов	1 — не ограничены 2е — ограничены 3а — хорошие 4 — ограничены	1 — не ограничены 2е — затруднены 3а — неплохие 4 — затруднены
4	III, II	3. Выявление элементов тектоники: а — разрывных нарушений б — складчатых структур	1 — не ограничены 2а, в, г — ограничены 3 — ограничены 4 — мало перспективные	1 — не ограничены 2б, в, г — затруднены 3 — затруднены 4 — очень затруднены
5	III	4. Выявление поисковых объектов	1 — не ограничены 2 — очень затруднены 3 — хорошие 4 — очень ограничены	1 — не ограничены 2 — ограничены 3 — неплохие 4 — затруднены
6	IV III		1 — не ограничены 2, 3 и 4 — весьма ограничены	1 — не ограничены 2, 3 и 4 — очень затруднены
7	III IV II		1 — не ограничены 2б, е — ограничены 3 — хорошие 4 — очень затруднены	1 — не ограничены 2б — е — затруднены 3 — хорошие 4 — ограничены

\* Здесь и далее категория дешифрируемости для коренных образований: I — хорошая, II — средняя, III — плохая, IV — хорошая для рыхлых образований

Оклано-Пенжинская группа районов расположена в бассейнах рек Оклан и Пенжина. Геологическая дешифрируемость в пределах этой группы районов на порядок выше по сравнению с геологической дешифрируемостью Тайгоносской группы районов. Ведущие природные факторы дешифрируемости здесь более благоприятны: рельеф преимущественно среднегорный, обнаженность коренных пород (в привершинном комплексе форм рельефа) вполне удовлетворительная, повсеместно развитые многолетнемерзлые грунты косвенно способствуют выявлению гидротермально измененных пород (потенциальные объекты опоскования), наконец, литолого-петрографические, физико-механические и прочие свойства коренных пород и условия их залегания более благоприятны, нежели в первой группе районов (табл. 14).

С помощью описанной методики можно быстро и достаточно точно определить трудоемкость предполевого дешифрирования. Предлагаемая методика наиболее эффективна при проектировании новых видов региональных геологических исследований, таких как групповая геологическая съемка, аэрофотогеологическое картирование, геологическое доизучение площадей и др.

**Примеры оценки дешифрирования.** На схеме районирования (см. приложение IV) показаны зоны, подзоны и группы районов дешифрируемости, отражающие определенные изменения возможностей фотометода. Определение этих возможностей фотометода приводится на примере Охотско-Чукотской зоны дешифрируемости.

Охотско-Чукотская зона дешифрируемости пространственно совпадает с вулканическим поясом одноименного названия. В пределах этой зоны различаются две подзоны: Сунтаро-Куветская и Айвано-Ульинская.

*Сунтаро-Куветская подзона* дешифрируемости, характеризующая западные районы пояса, протягивается на многие сотни километров от верховьев р. Куйдусун до бассейна р. Амгуэма. В ее пределах различаются следующие группы районов дешифрируемости: Куйдусуно-Янская (КЯ), Арmano-Маяканская (АМ), Приомолонская (П), Пеледоно-Анадырская (ПА) и Чанунская (Ч) (табл. 15).

Геологическую дешифрируемость территории определяют широко развитые среднегорного криогенно-денудационного рельефа, удовлетворительная обнаженность, преобладающее развитие хорошо слоистых вулканогенных толщ, благоприятные условия их залегания и климат (повсеместное развитие криосолифлюкционных процессов на склонах и водоразделах между речей способствует аномальному проявлению мелкоземного солифлюксия — ландшафтного индикатора гидротермально измененных пород). Все сказанное предопределяет в целом среднюю (II) категорию дешифрируемости территории. Вместе с тем значительная приподнятость (альпийность) отдельных

## Оклано-Пенжинская группа районов

Район	Категория	Основные задачи дешифрирования	Возможности решения задач	
			Предполевой этап	Полевой этап
8	III, II, IV I	1. Изучение форм и типов рельефа 2. Выявление пород различного состава и возраста: а—преимущественно вулканогенных палеогена б—преимущественно вулканогенных меловых в—преимущественно осадочных меловых г—разнообразных по составу раннемезозойских д—разнообразных по составу палеозойских е—интрузивных гранитоидной формации ж—интрузивных гранитно-щелочной формации 3. Выявление элементов тектоники: а—разрывных нарушений б—складчатых структур в—вулкано-тектонических структур г—неотектонических структур 4. Выявление поисковых объектов	1—не ограничены 2б—хорошие 3е—затруднены 3а—хорошие 3в—ограничены 4—слабые	1—не ограничены 2б—хорошие 2е—ограничены 3а—хорошие 3в—ограничены 4—ограничены
9	III, II		1—не ограничены 2б—хорошие 3а—хорошие 3б—в—плохие 4—ограничены	1—не ограничены 2б—хорошие 3а—хорошие 3б, в—плохие 4—затруднены
10	II, I		1—не ограничены 2б—ограничены 3—сравнит. хорошие 4—ограничены	1—не ограничены 2б—затруднены 3—сравнит. хорошие 4—затруднены
11	II, III, I		1—не ограничены 2а, б—хорошие 2г—ограничены 3—хорошие 4—хорошие	1—не ограничены 2а, б—хорошие 2г—затруднены 3—хорошие 4—удовлетворит.

167

Продолжение табл. 14

Район	Категория	Основные задачи дешифрирования	Возможности решения задач	
			Предполевой этап	Полевой этап
12	III, II	См. стр. 167	1—не ограничены 2а, б—хорошие 2е—ограничены 3а—хорошие 3в—удовлетворит. 4—в целом удовлетворит.	1—не ограничены 2а, б—хорошие 2е—ограничены 3а—хорошие 3в—удовлетворит. 4—несколько затруднены
13	III, II		1—не ограничены 2б—несколько ограничены 2г—ограничены 2д, е—затруднены 3а—хорошие 4—удовлетворит.	1—не ограничены 2б—несколько ограничены 2г—ограничены 2д, е—ограничены 3а—хорошие 4—хорошие
14	III		1—не ограничены 2б—ограничены 2е—ограничены 3а—хорошие 3б, в—удовлетворит. 4—ограничены	1—не ограничены 2б—затруднены 2е—удовлетворит. 3а—хорошие 3б, в—удовлетворит. 4—удовлетворит.
15	III, II, I		1—не ограничены 2а, б—хорошие 2в—плохие 2е—затруднены 3—хорошие 4—удовлетворит.	1—не ограничены 2а, б—хорошие 2в—удовлетворит. 2е—затруднены 3—хорошие 4—удовлетворит.

168

Район	Категория	Основные задачи дешифрирования	Возможности решения задач	
			Предполевого этап	Полевой этап
16	II, I, III	См. стр. 167	1—не ограничены 2а, б—хорошие 3—хорошие 4—удовлетворит.	1 — не ограничены 2а, б—хорошие 3—хорошие 4—удовлетворит.
17	III		1—не ограничены 2—ограничены 3—удовлетворит. 4—плохие	1—не ограничены 2—ограничены 3—удовлетворит. 4—ограничены

**Возможности геологического дешифрирования в пределах  
Сунтаро-Куветской подзоны**

Группа районов	Категория	Основные задачи	Возможности решения задач
КЯ	II	1. Выявление форм и типов рельефа	1—хор.; 2а—хор.; 2б—уд.; 2в—пл.; 2г—пл.; 2д—пл.;
		2. Выявление полей развития горных пород: а—рыхлых и уплотненных б—лавовых основного и среднего состава в—лавовых кислого состава г—пирокластических д—экструзивных е—субвулканических ж—жерловых з—интрузивных и—метаморфических к—фундамента (вулканического пояса в целом)	2е—уд.; 2ж—пл.; 2з—пл.; 2и—пл.; 2к—хор.; 3а—хор.; 3б—уд.; 3в—уд.; 3г—хор.; 4а—уд.; 4б—уд.; 4в—пл.; 4г—пл.; 4д—уд.; 4е—уд.; 5а—уд.; 5б—пл.; 5в—пл.; 5г—пл.
АМ	I	3. Выявление элементов тектоники: а—разрывных нарушений б—складок и флексур в—вулcano-тектонических структур	1—хор.; 2а—2к—уд.; 3а—3г—хор.; 4а—4е—уд.; 5а—хор.; 5б—уд.; 5в—пл.; 5г—уд.
			1—уд.; 2а—уд.; 2б—хор.; 2в—уд.; 2г—пл.; 2д—пл.; 2е—хор.; 2ж—2и—пл.; 2к—уд.; 3а—3г—уд.; 4а—4е—уд.; 5а—5г—уд.
	III	4. Выявление геологических границ и характера взаимоотношения картируемых объектов: а—рыхлых и уплотненных пород б—вулканогенных пород в—интрузивных пород г—метаморфических пород д—вулcano-тектонических структур	1а—уд.; 2а—2к—пл.; 3а—3г—уд.; 4а—4е—пл.; 5а—5г—пл.
	IV	е—разрывных нарушений	1—хор.; 2а—уд.; 2б—2к—практич. не реш.; 3а—уд.; 3б—3г—практич. не реш.; 4а—уд.; 4б—4д—практич. не реш.; 4е—пл.; 5а—5г—практич. не реш.
ПО	II	5. Выявление объектов опоскования: а—участков и зон гидротермально измененных пород б—кварцевых жил в—зон кварцевого прожилкования г—контактово-метасоматических пород	1а—уд.; 2а—уд.; 2б—2и—уд.; 2к—хор.; 3а—3г—уд.; 4а—уд.; 4б—4е—уд.; 5а—уд.; 5б—5в—пл.; 5г—уд.
	IV		1а—хор.; 2а—хор.; 2б—2к—практич. не реш.; 3а—уд.; 3б—3г—пл.; 4а—хор.; 4б—4д—пл.; 4е—уд.; 5а—5г—практич. не реш.
ПА	I		1а—хор.; 2а—хор.; 2б—хор.; 2в—уд.; 2г—уд.; 2д—пл.; 2е—хор.; 2ж—уд.; 2з—уд.; 2и—пл.; 2к—уд.; 3а—3г—уд.; 4а—хор.; 4б—уд.; 4в—4г—пл.; 4д—4е—уд.; 5а—5г—уд.

Группа районов	Категория	Основные задачи	Возможности решения задач
ПА	II		1а—хор.; 2а—хор.; 2б—уд.; 2д—пл.; 2е—хор.; 2ж—пл.; 2з—уд.; 2и—пл.; 2к—уд.; 3а—3г—уд.; 4а—хор.; 4б—4г— —уд.; 4д—4е—хор.; 5а—5г—уд.
	I		1—хор.; 2а—2к—уд.; 3а—3г— —хор.; 4а—хор.; 4б—4в—уд.; 4г—пл.; 4д—4е—хор.; 5а—хор.; 5б—5г—уд.
ЧУ	II		1—хор.; 2а—хор.; 2б—2к—уд.; 3а—3г—уд.; 4а—хор.; 4б— —4г—уд.; 4д—4е—хор.; 5а— —5г—пл.
	III		1—хор.; 2а—хор.; 2б—хор.; 2в—2д—пл.; 2е—уд.; 2ж—2и— —пл.; 2к—уд.; 3а—3г—уд.; 4а—хор.; 4б—уд.; 4в—4г—пл.; 4д—4е—уд.; 5а—5г—пл.

лавовых нагорий и, наоборот, развитие (на некоторых участках территории) низкогорного криогенно-денудационного рельефа и впадин, слабая их обнаженность, мощное проявление гипабиссального магматизма и разнообразных блоковых структур снижают эту степень дешифрируемости до плохой (III) категории. Однако средняя категория дешифрируемости на данной территории преобладает.

Куйдусуно-Янская группа районов дешифрируемости (КЯ) располагается на юго-западном фланге ОЧВП, являясь самой южной в Сунтаро-Куветской подзоне, корректируя и характеризуя в основном геологическую дешифрируемость Куйдусунского вулканического поля и разрозненных останцов, некогда единых, вулканических покровов, расположенных от него к северу и северо-востоку. Преобладающая категория дешифрируемости II.

Армано-Маяканская группа районов дешифрируемости (АМ) занимает один из участков западного фаса ОЧВП, открытого в акватории залива Шелихова. Она характеризует геологическую

дешифрируемость значительной части Приохотской вулканической зоны (Янского, Арманского, Маяканского вулканотектонических прогибов и некоторых вулканических полей Кенской вулканической полосы). Здесь на участках, примерно равных по площади, выделяются I, II и III категории дешифрируемости.

Приомолонская группа районов дешифрируемости (ПО) охватывает широкую полосу западного фаса ОЧВП в интервале рек Балыгычан — Олой, юго-восточными границами (частично) ее служит побережье Гижигинской губы. Приомолонская ГРД характеризует дешифрируемость значительной части Эвенкской вулканической зоны (Шайбовеемского вулканотектонического прогиба, Верхнегижигинского, Пареньского и Окланского вулканических полей). Преобладающая категория дешифрируемости II.

Пеледоно-Анадырская группа районов дешифрируемости (ПА) расположена в основном в бассейне верхнего течения р. Анадырь и на междуречье Бол. Анюй—Олой. Она характеризует геологическую дешифрируемость значительной части Чуванской вулканической полосы базальтов и Пеледонской вулканической дуги (Эвенкская вулканическая зона). Преобладают (примерно в равных частях) I и II категории дешифрируемости.

Чаунская группа районов дешифрируемости (ЧУ) располагается на северо-восточном фланге ОЧВП, являясь самой северной в Сунтаро-Куветской подзоне. Она характеризует дешифрируемость Чаунской вулканической зоны. В пределах Чаунской ГРД выделяются участки категорий дешифрируемости I, II и III, причем участки I категорий занимают основную площадь данной ГРД.

*Айвано-Ульинская подзона дешифрируемости* характеризует геологическую дешифрируемость главным образом тех районов ОЧВП, которые примыкают к акваториям Охотского и Берингова морей и к Корякскому нагорью. Она протягивается на многие сотни километров от Удской губы (на юге) до мыса Дежнева (на севере). В ее пределах различаются следующие группы районов дешифрируемости (с севера на юг); Восточно-Чукотская (ВЧ), Центрально-Чукотская (ЦЧ), Окляно-Пенжинская (ОП), Тайгоноская (Т), Тауйско-Ямская (ТЯ), Челомджино-Янская (ЧЯ), Охотская (О) и Ульинско-Удская (УУ) (табл. 16).

Геологическую дешифрируемость этой территории определяют преобладание низкогорного криогенно-денудационного рельефа (с участием альпинотипного), наличие обширных приморских низин и межгорных впадин, слабая в целом обнаженность, широкое развитие интрузивных и метаморфических образований, наличие обширных полей плохо слоистых, заметно дислоцированных вулканитов, среди которых кислые разности преобладают. Все это в целом предопределяет заметно более низкую степень геологической дешифрируемости по сравнению с

**Возможности геологического дешифрирования  
в пределах Айвано-Улинской подзоны**

Группа районов	Категория	Основные задачи	Возможности решения задач
ВЧ	I		1—хор.; 2а—хор.; 2б—2е—уд.; 2ж—пл.; 2з—хор.; 3а—3г—хор.; 4а—хор.; 4б—4в—уд.; 4г—пл.; 4д—4е—хор.; 5а—5г—уд.
	II	1. Выявление форм и типов рельефа 2. Выявление полей развития горных пород: а—рыхлых и уплотненных б—лавовых основного и среднего состава	1—хор.; 2а—хор.; 2б—2е—уд.; 2ж—2з—пл.; 2и—2к—пл.; 3а— —3г—уд.; 4а—хор.; 4б—4г— —уд.; 4д—4е—уд.; 5а—5г—пл.
	III	в—лавовых кислого состава г—пирокластических д—экструзивных е—субвулканических ж—жерловых	1—хор.; 2а—хор.; 2б—2к—уд.; 3а—хор.; 3б—3г—уд.; 4а—хор.; 4б—4д—пл.; 4е—хор.; 5а—5г— —пл.
	IV	з—интрузивных и—метаморфических к—фундамента вулканического пояса (в целом)	1—хор.; 2а—хор.; 2б—2к—пл.; 3а—хор.; 3б—3г—уд.; 4б—4д— —пл.; 4е—хор.; 5а—5г—пл.
ЦЧ	II	3. Выявление элементов тектоники: а—разрывных нарушений б—складок и флексур в—вулкано-тектонических структур г—неотектонических структур	1—хор.; 2а—хор.; 2б—хор.; 2в—уд.; 2г—пл.; 2д—пл.; 2е— —хор.; 2ж—уд.; 2з—уд.; 2и— —пл.; 2к—уд.; 3а—3г—хор.; 4а—хор.; 4б—хор.; 4в—4г— —пл.; 4д—4е—уд.; 5а—5г—уд.
	III	4. Выявление геологических границ и характера взаимоотношений картируемых объектов: а—рыхлых и уплотненных пород б—вулканогенных пород в—интрузивных пород г—метаморфических пород д—вулкано-тектонических структур	1—хор.; 2а—хор.; 2б—уд.; 2а—пл.; 2б—пл.; 2д—пл.; 2е— —хор.; 2ж—уд.; 2з—уд.; 2и— —пл.; 2к—уд.; 3а—3г—уд.; 4а—хор.; 4б—4г—пл.; 4д— —4е—уд.; 5а—5г—едва уд.
ОП	II		1—хор.; 2а—2к—уд.; 3а—хор.; 3б—3г—уд.; 4а—хор.; 4б—4г— —уд.; 4б—4е—хор.; 5а—5г—уд.
	III	е—разрывных нарушений	1—хор.; 2а—хор.; 2б—2и—пл.; 2к—хор.; 3а—3г—уд.; 4а—хор.; 4б—4г—пл.; 4д—4е—уд.; 5а— —5г—уд.

Группа районов	Категория	Основные задачи	Возможности решения задач
	IV		1—хор.; 2а—хор.; 2б—2к—пл.; 3а—уд.; 3б—3в—пл.; 3г—уд.; 4а—хор.; 4б—4г—практич. не реш.; 4д—4е—уд. 5а—5г—практич. не реш.
ТГ		5. Выявление объектов опоскования:	
	II	а—участков и зон гидротермально измененных пород	1—хор.; 2а—хор.; 2г—2к—уд.; 3а—3г—уд.; 4а—хор.; 4б—4г—уд.; 4д—4е—хор.; 5а—5г—уд.
	III	б—кварцевых жил в—зон кварцевого прожилкования г—контактово-метасоматических пород	1—хор.; 2а—хор.; 2б—2к—пл.; 3а—хор.; 3б—3г—пл.; 4а—хор.; 4б—4г—едва уд.; 4д—4е—уд.; 5а—5г—едва уд.
	IV		1—хор.; 2а—хор.; 2б—2к—пл.; 3а—хор.; 3б—3в—пл.; 3г—уд.; 4а—хор.; 4б—4г—пл.; 4д—4е—уд.; 5а—5г—практич. не реш.
ТЯ	III		1—хор.; 2а—хор.; 2б—2к—пл.; 3а—хор.; 3б—3г—едва уд.; 4а—уд.; 4б—4г—едва уд.; 4д—4е—уд.; 5а—5г—едва уд.
	III		1—хор.; 2а—хор.; 2б—2к—едва уд.; 3а—хор.; 3б—уд.; 3а—3г—едва уд.; 4а—хор.; 4б—4г—едва уд.; 4д—4е—хор.; 5а—5г—пл.
ЧЯ	IV		1—хор.; 2а—хор.; 3а—уд.; 3в—уд.; 4а—хор.; 4е—уд.; остальные задачи практич. не реш.
ОХ	III		1—хор.; 2а—хор.; 2б—2и—едва уд.; 2к—уд.; 3а—хор.; 3б—3г—уд.; 4а—хор.; 4б—4в—уд.; 4г—едва уд.; 4д—4е—хор.; 5а—5г—едва уд.
	II		1—хор.; 2а—хор.; 2б—хор.; 2в—2г—уд.; 2д—едва уд.; 2е—2к—уд.; 3а—3г—уд.; 4а—хор.; 4б—4в—уд.; 4г—4е—хор.; 5а—5г—уд.

Группа районов	Категория	Основные задачи	Возможности решения задач
УУ	III		1—хор.; 2а—хор.; 2б—2к—уд.; 3а—3г—едва уд.; 4а—хор.; 4б—4г—уд.; 5а—5г—пл.
	IV		1—хор.; 2а—хор.; 3а—уд.; 3в—пл.; 4а—хор.; 4е—уд.; остальн. задачи практич. не реш.

Сунтаро-Куветской подзоной. Здесь участки II и III категорий занимают площади, примерно равные по размерам. Участки категории дешифрируемости I явно подчинены первым двум. Геологическая дешифрируемость в их пределах определяется среднегорным криогенно-денудационным рельефом, хорошей обнаженностью, благоприятным сочетанием литолого-петрографических особенностей вулканогенных толщ с условиями их залегания, четким проявлением солифлюкционных процессов.

Восточно-Чукотская группа районов дешифрируемости (ВЧ) занимает юго-восточную половину Чукотского полуострова, протягиваясь широкой полосой от Берингова пролива до верховьев р. Танюер, и характеризует геологическую дешифрируемость Восточно-Чукотской вулканической зоны (Верхнеамгуэмского и Кескувеемского вулcano-тектонических прогибов и Курупкинско-го вулканического поля). Здесь выделяются участки I, II, III и IV категорий дешифрируемости, причем участки II и III категорий преобладают.

Центрально-Чукотская группа районов дешифрируемости (ЦЧ) занимает полосу восточного фаса ОЧВП от верховий р. Танюер до верховий р. Мургаль. Она характеризует геологическую дешифрируемость вулканических полей Чуванской вулканической зоны. В ее пределах выделяются участки категорий дешифрируемости II и III примерно в равных долях.

Оклано-Пенжинская группа районов дешифрируемости (ОП) расположена в бассейнах рек Пенжина, Оклан и Тылхой. Она характеризует геологическую дешифрируемость юго-восточных вулканических полей Чуванской вулканической зоны. В ее пределах преобладают участки II категории дешифрируемости.

Тайгоноская группа районов дешифрируемости (ТГ) располагается в пределах полуострова с одноименным названием.

Она характеризует геологическую дешифрируемость вулканитов ОЧВП, развитых в пределах Омолонского массива и Тауйско-Тайгоносской зоны складчатости. В ее пределах выделяются участки II и III категорий дешифрируемости, причем последние преобладают.

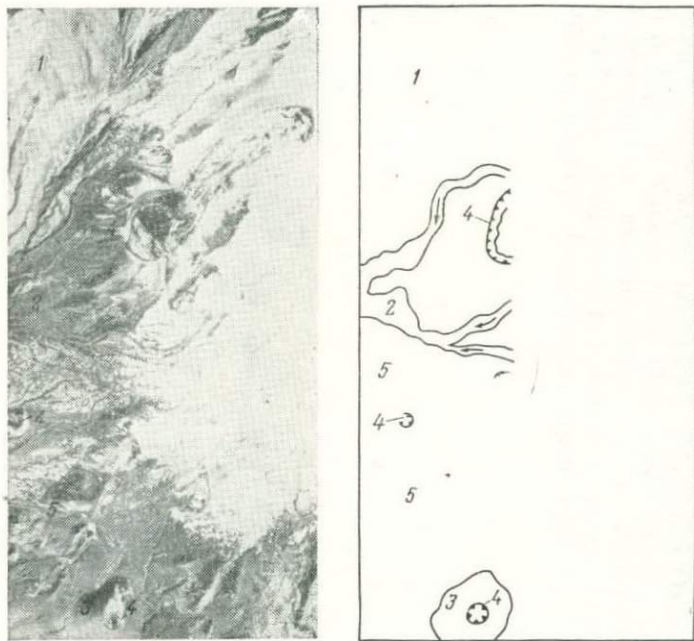
Тауйско-Ямская группа районов дешифрируемости (ТЯ) протягивается узкой полосой вдоль западного побережья Охотского моря, от п-ва Пьягина до устья р. Иня. Она характеризует геологическую дешифрируемость вулканических полей Приохотской вулканической зоны, наложенных на Тауйско-Тайгоносские складчатые структуры. В ее пределах преобладают участки III категории дешифрируемости.

Челомджино-Янская группа районов дешифрируемости (ЧЯ) примыкает с северо-запада к Тауйско-Ямской. Она характеризует геологическую дешифрируемость вулкано-тектонических прогибов Хасынской вулканической дуги. В ее пределах выделяются участки III и IV категорий дешифрируемости, причем первые преобладают.

Охотская группа районов дешифрируемости (ОХ) приурочена к междуречью Охота — Иня. Она характеризует геологическую дешифрируемость вулканитов ОЧВП, наложенных на структурные комплексы Охотского массива. В ее пределах преобладают участки III категории дешифрируемости.

Ульинско-Удская группа районов дешифрируемости (УУ) располагается на юго-западном фланге ОЧВП, протягиваясь широкой полосой вдоль западного побережья Охотского моря от устья р. Иня до Удской губы. Она характеризует геологическую дешифрируемость вулканических полей Ульинского прогиба. В ее пределах выделяются участки трех категорий: II, III и IV, причем участки II категории преобладают.

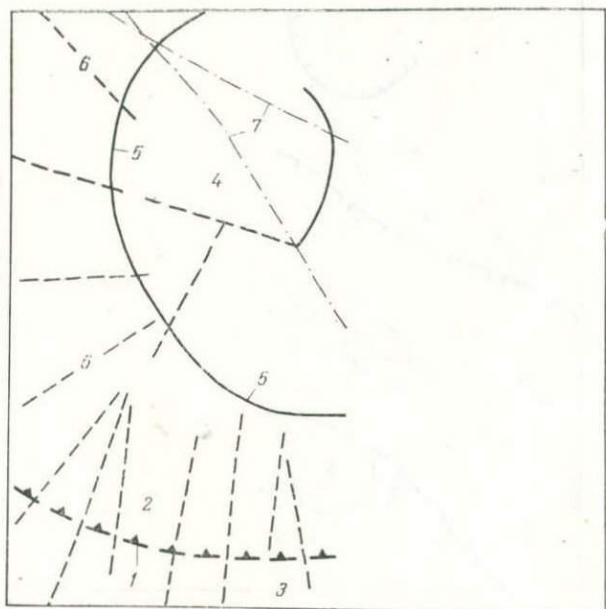
ИЛЛЮСТРАЦИИ



Фиг. 1. Аккумулятивный вулканический рельеф. Южные склоны вулкана Острый Толбачик. Ключевская группа вулканов. Аэроснимок среднего масштаба и схема дешифрирования. 1 — расчлененные склоны вулкана; 2 — современные потоки базальтовых лав; 3 — шлаковые конусы; 4 — кратерные воронки; 5 — эффузивно-пирокластическая наклонная равнина

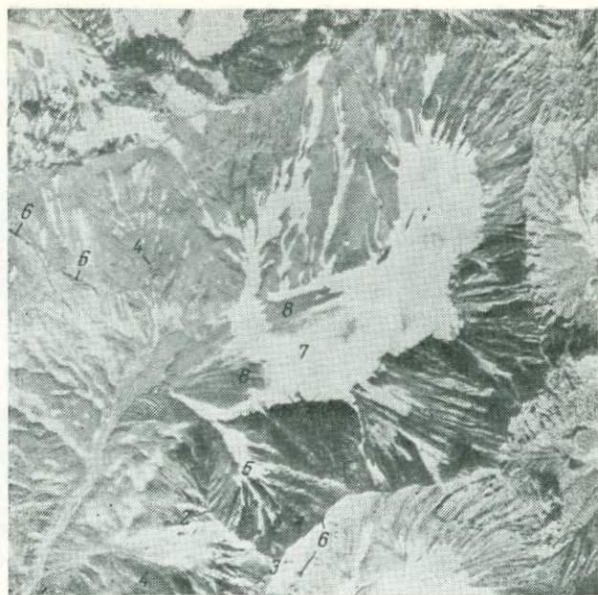


Фиг. 2. Анаунское вулканическое нагорье. Срединный хребет Камчатки. Аэроснимок мелкого масштаба. 1 — слабо расчлененные склоны вулкана Анауи; 2 — шлаколавовые слабо денудированные конусы; 3 — шлаковые конусы хорошей сохранности; 4 — аккумулятивный ледниковый рельеф; 5 — проluvальные конусы

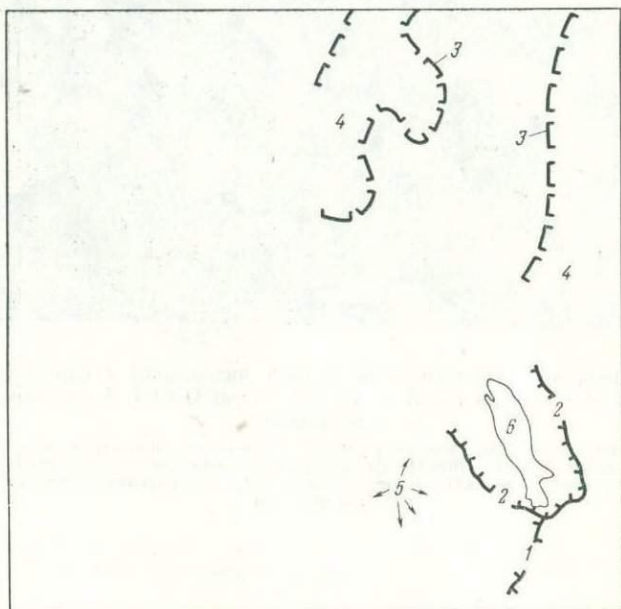


Фиг. 3. Денудационно-вулканогенно-тектонический рельеф. Фрагмент кальдеры вулкана Уксичан. Срединный хребет Камчатки. Аэроснимок мелкого масштаба и схема дешифрирования.

1 — бровка кальдеры; 2 — склоны кальдеры; 3 — структурные поверхности вулканических плато (покрыты андезито-базальтов); 4 — интенсивно расчлененное куполовидное поднятие (экструзия андезито-дацитов); эрозионные ложбины по зонам разломов: 5 — концентрически-дуговым, 6 — радиальным, 7 — секущим



Фиг. 4. Денудационно-тектонические горы (альпинотипный рельеф) на вулканогенном субстрате раннечетвертичного возраста, Хребет Гумрок, Восточная Камчатка. Аэроснимок среднего масштаба и схема дешифрирования. 1 — гребни; 2 — кары; 3 — карлинги; 4 — трого; 5 — эрозийные ложбины; 6 — скальные пирамиды и гряды; 7 — современные ледники; 8 — морены; 9 — геологические и геоморфологические границы (здесь и далее)



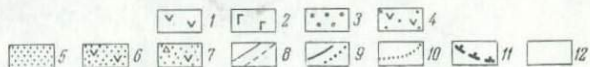
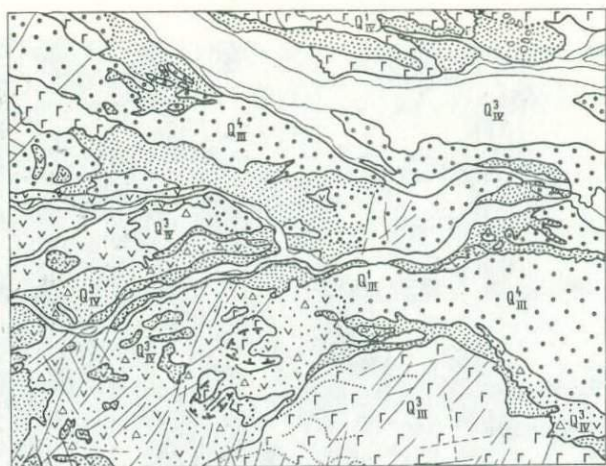
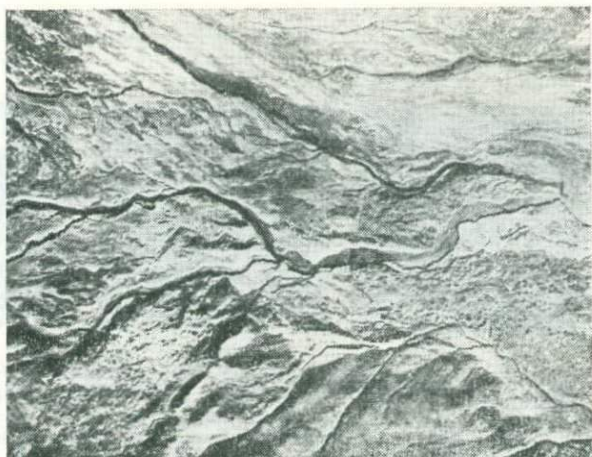
Фиг. 5. Денудационно-тектонические горы на вулканогенном субстрате позднемезозойского возраста. Анадырский сектор Охотско-Чукотского вулканического пояса. Хребет Щучьи Горы. Аэроснимок среднего масштаба и схема дешифрирования.

1 — гребни; 2 — кары; 3 — трог; 4 — морены; 5 — эрозионные ложбины, занятые снежниками; 6 — современные ледники



Фиг. 6. Криогенно-денудационный рельеф низкогорий субарктики. Между-  
 речье Еропол — Балаганчик. Анадырский сектор ОЧВП. Аэроснимок среднего  
 масштаба.

1 — уплощенные курумные водоразделы; 2 — солифлюкционно-курумные и курумово-  
 солифлюкционные склоны ступенчатого профиля; 3 — солифлюкционные шлейфы; 4 — дел-  
 ли; 5 — относительно сухие каменные поверхности; 6 — переувлажненные задернованные  
 поверхности

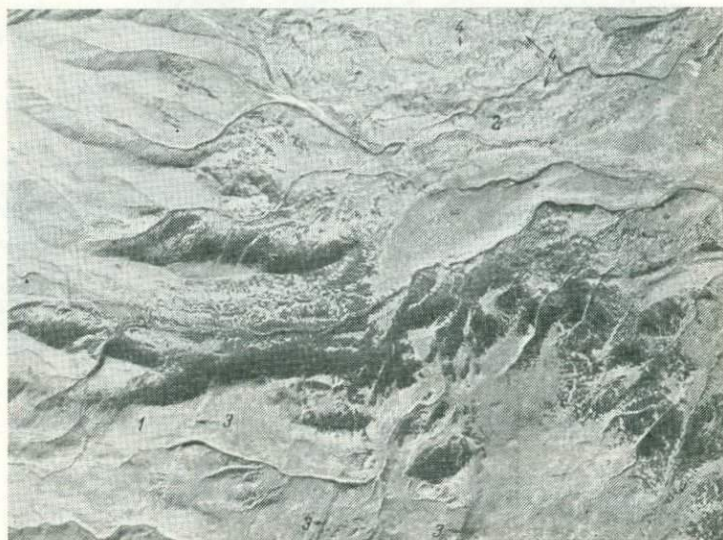


Фиг. 7. Рыхлые и уплотненные породы в зоне направленного взрыва вулкана Безымянного. Камчатка. Аэроснимок среднего масштаба (уменьшение 2 раза) и схема дешифрирования.

1—лавы андезитового состава; 2—лавы базальтового состава; 3—морена; 4—отложения грязе-каменных потоков (лахаров); 5—отложения пирокластических потоков; 6—взрывные пирокластические образования; 7—отложения взорванной постройки вулкана Безымянного; 8—разломы; сплошная линия—дешифрирующиеся уверенно, пунктир—неуверенно; 9—геологические границы: сплошная линия—дешифрирующиеся уверенно, пунктир—неуверенно; 10—границы отдельных лавовых потоков; 11—разрушенная бровка кратера шлакового конуса; 12—аллювиально-пролювиальные образования

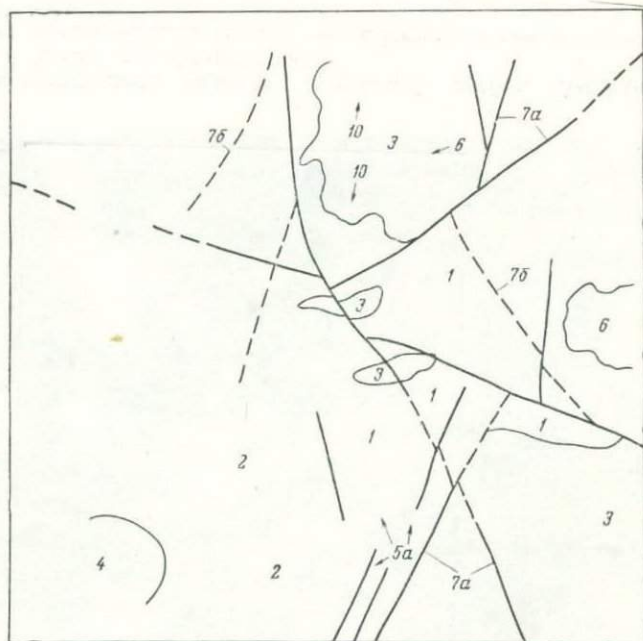


Фиг. 8. Детали строения поверхности отложений направленного взрыва вулкана Шивелуч (1964 г.). Камчатка. Аэроснимок мелкого масштаба ( $\times 4$ ). Блоки пород взорванной постройки: 1 — крупные, 2 — средние, 3 — мелкие; 4 — борозды-следы движения обломков взорванной постройки; 5 — обломочный взрывной пирокластический материал (стрелки показывают направления взрыва); 6 — фронтальная часть отложений направленного взрыва; 7 — отложения направленного взрыва более древних извержений вулкана



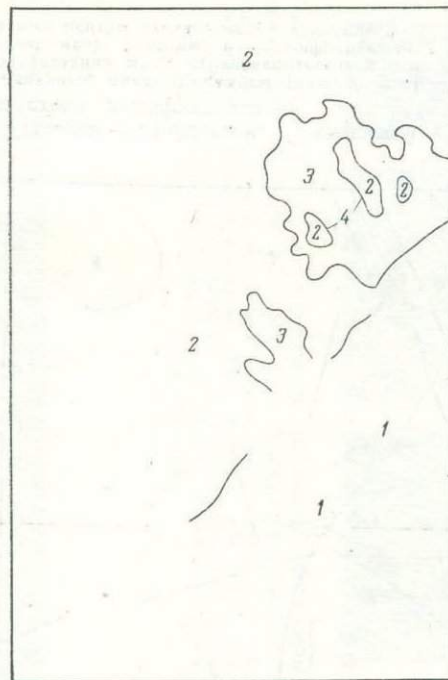
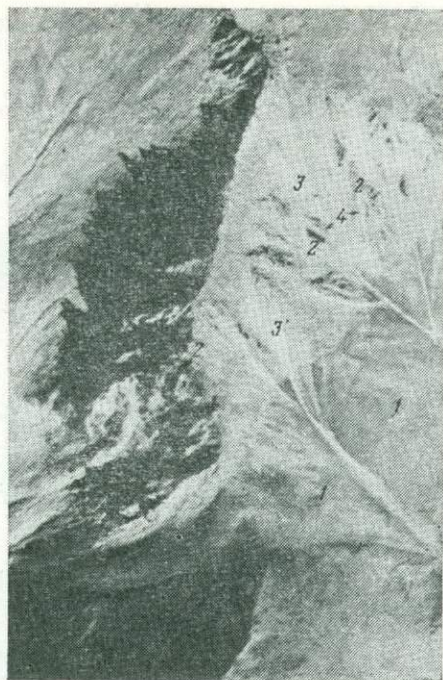
Фиг. 9. Рыхлые и уплотненные вулканогенные породы в районе вулкана Овальная Зими́на. Ключевская группа вулканов. Аэроснимок среднего масштаба.

Общий вид поверхности почвенно-пирокластического чехла: 1 — на скальных породах, 2 — на моренных образованиях; 3 — современные разломы, перекрытые пирокластическим материалом; 4 — пеллы вулкана Безымянного, извержение 1956 г.



Фиг. 10. Осадочные и вулканогенные породы на междуречье Уттавеем — Шайбовеем. Пенжинский сектор ОЧВП. Аэро- снимок среднего масштаба и схема дешифрирования.

1 — вулканомиктовые алевродиты, аргиллиты, песчаники (готерив); 2 — липариты, липарито-дациты (нижний мел); 3 — андезиты, андезито- базальты, базальты (верхний мел); 4 — субвулканическая интрузия дацитов (поздний мел); субвулканические дайки: 5 — кислые, 6 — средние (позднемеловой субвулканический комплекс); 7 — интрузии диоритов (поздний мел); разломы: 8 — дешифрирующиеся уверенно, 9 — дешиф- рирующиеся неуверенно; 10 — предполагаемые центры вулканических извержений



Фиг. 11. Осадочные породы в краевой части Унейваямского вулканического покрова. Корякский хребет. Аэроснимок среднего масштаба, ( $\times 3$ ) и схема дешифрирования.

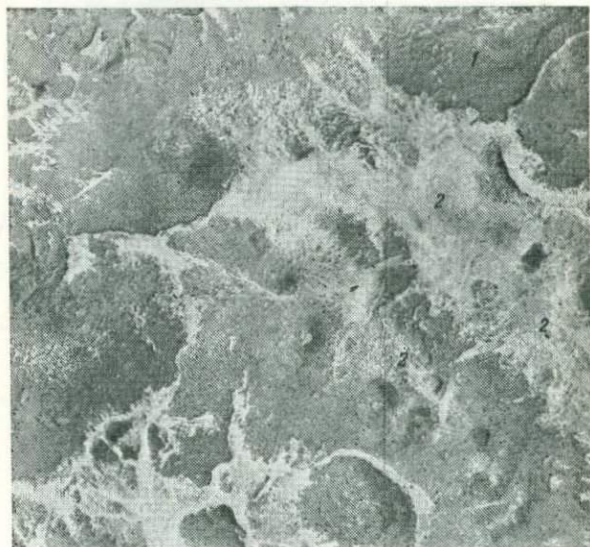
1 — песчаники, алевролиты (верхний мел); 2 — вулканы кислого состава (верхний—средний миоцен); 3 — гидротермально измененные породы (пропилитизация, окварцевание)



Фиг. 12. Современные потоки базальтовой лавы вулкана Толбачик. Камчатка.  
Аэроснимок среднего масштаба



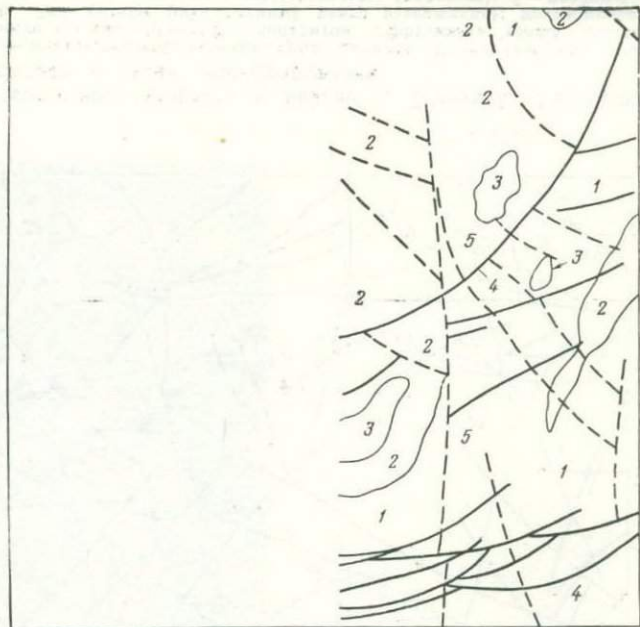
Фиг. 13. Молодые потоки базальтовой лавы различной сохранности (1) и  
пемзовый поток липаритов (2) на южных склонах вулкана Ленинградец.  
Срединный хребет Камчатки. Аэроснимок мелкого масштаба



Фиг. 14. Молодые вулканогенные образования (1) на вулканогенно-осадочном субстрате (2) немиоцен-плиоценового возраста. Верховье р. Толстихинской. Срединный хребет Камчатки. Аэроснимок мелкого масштаба

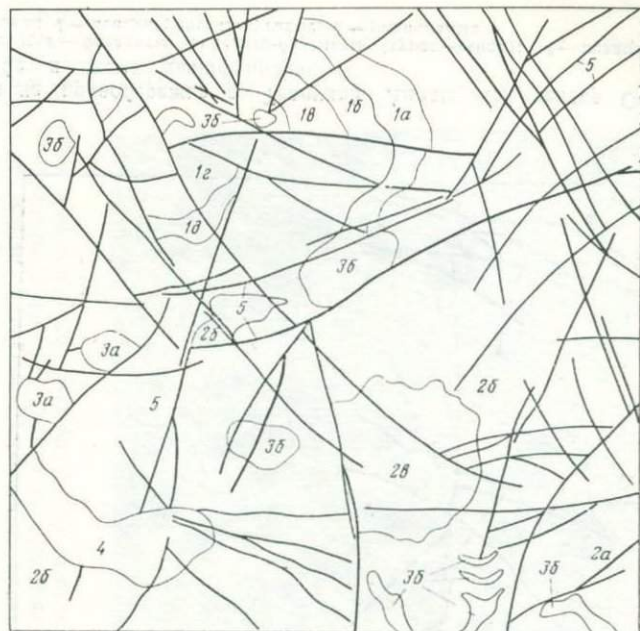


Фиг. 15. Вулканогенные и вулканогенно-осадочные образования плиоцен-четвертичного возраста в среднем течении р. Анавгай. Срединный хребет Камчатки. Аэроснимок мелкого масштаба



Фиг. 16. Вулканогенные образования позднемелового возраста на правом берегу р. Терпухой. Анадырской сектор ОЧВП. Аэроснимок среднего масштаба и схема дешифрирования.

1 — эффузивно-пирокластическая толща кислого состава (сенман—турон); 2 — базальты, андезито-базальты (турон—сенон); 3 — позднемеловые субвулканические интрузии дацитов; разломы: 4 — концентрически-дуговые, 5 — радиальные

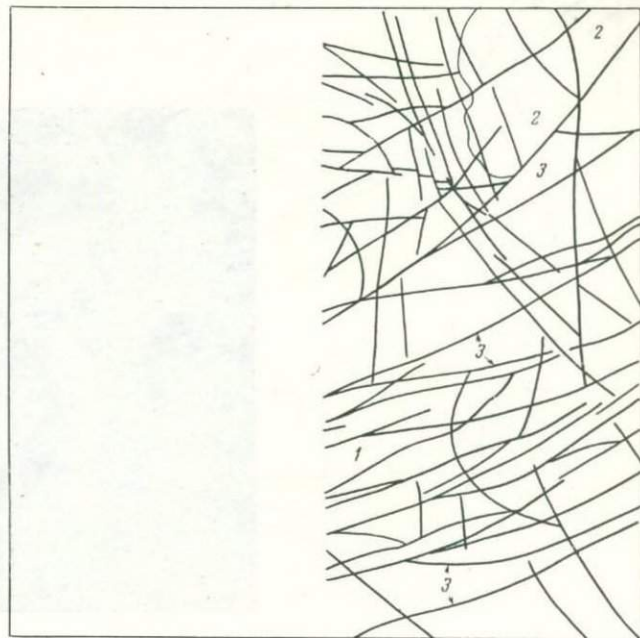


Фиг. 17. Вулканогенные образования позднемиоценового и палеогенового возраста в районе г. Терпухой. Анадырский сектор ОЧВП. Аэроснимок среднего масштаба и схема дешифрирования

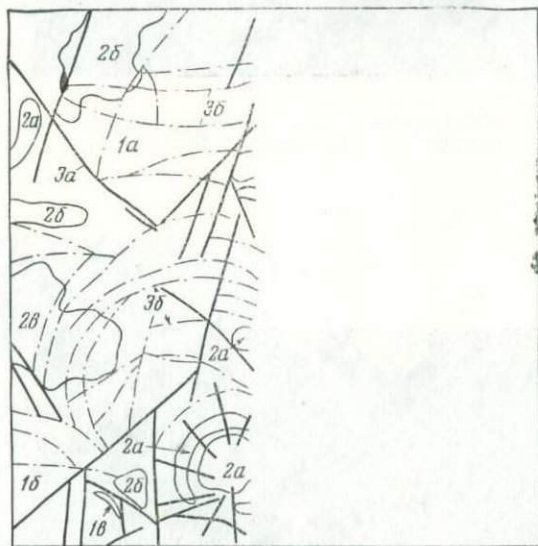
Эффузивно-пирокластическая толща кислого состава (сеноман—турон): 1а — мелко-среднеобломочные туфы дацитов, 1б — игнимбриты дацитового состава, 1в — спелкшиеся туфы дацитов, 1г — игнимбриты липаритового состава, 1д — туфы липаритов. Эффузивная толща среднего основного состава (турон—сеноман): 2а — андезиты, 2б — андезит-базальты; 2в — дациты (обособленный центр извержения); позднемиоценовые субвулканические интрузии; 3а — базальтового состава, 3б — дацитового состава; 4 — оливиновые базальты (палеоген); 5 — разломы



Фиг. 18. Латеральные вулканические купола. Район вулканов Безымянный и Зимины. Фрагмент аэроснимка среднего масштаба.  
Экструзивные купола: 1 — Плотины, 2 — Ступенчатый, 3 — Правильный, 4 — Экспедиции  
5 — отроги вулкана Овальная Зимины; 6 — кратер Марс.



Фиг. 19. Вулканогенные образования позднемелового возраста. Междуречье Терпухой — Баранья. Анадырский сектор ОЧВП. Аэроснимок среднего масштаба и схемы дешифрирования.  
 1 — эффузивно-пирокластическая толща среднего и основного состава (турон—сеноман); 2 — субвулканическая интрузия дацитов (поздний мел); 3 — разломы в зоне Анадырского структурного шва

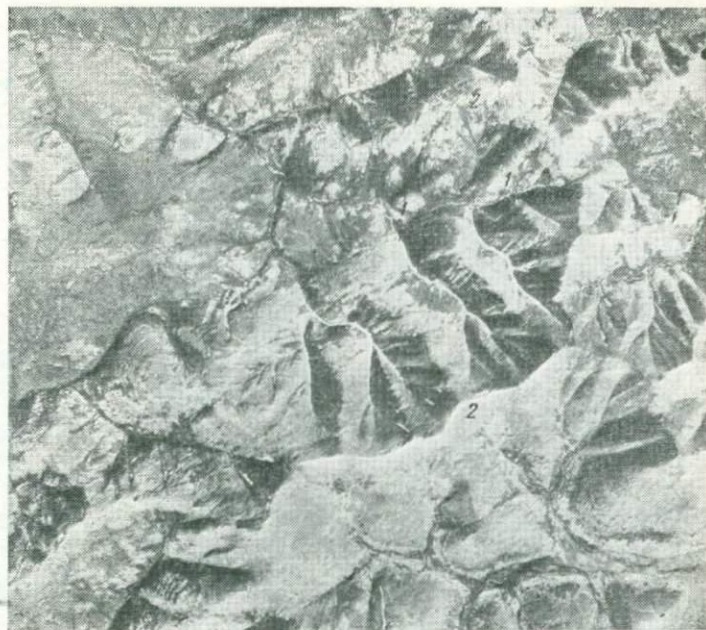


Фиг. 20. Субвулканические интрузии (поздний мел) на правом берегу р. Еропол. Анадырский сектор ОЧВП. Аэроснимок среднего масштаба и схема дешифрирования.

Эффузивно-пирокластическая толща (сеноман—турон): 1а — разнообломочные туфы липаритов, 1б — спекшиеся туфы липаритов, 1в — игнимбриты липаритового состава; субвулканические интрузии: 2а — базальтового состава, 2б — дацитового состава, 2в — липарито-дацитового состава; основные разломы вулканоструктуры: 3а — радиальные, 3б — концентрически-дуговые



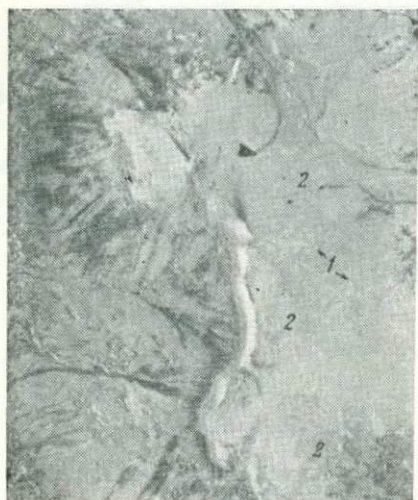
Фиг. 21. Раннечетвертичные субвулканические дайки (1) андезитов в хребте Тумрок. Камчатка. Фрагмент аэроснимка среднего масштаба



Фиг. 22. Зона контакта (1) позднемеловой интрузии граносниентов (2) с вмещающей ее эффузивно-пирокластической толщей кислого состава (3) сеноман-туронского возраста. Воронцовский интрузивный массив. Анадырский сектор ОЧВП. Аэроснимок среднего масштаба

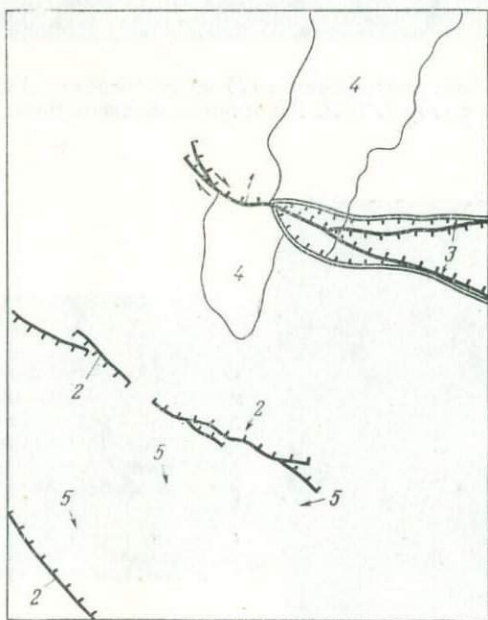


Фиг. 23. Жильное тело граносиенитов (1) на левобережье Анадыря. Анадырский сектор ОЧВП. Аэроснимок среднего масштаба



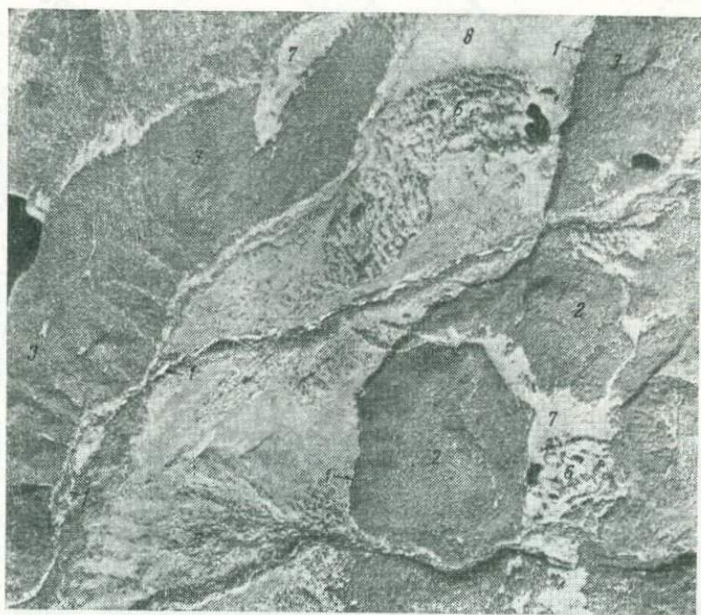
Фиг. 24. Аномальное проявление мелкоземного солифлюксия — индикатора гидротермально измененных пород. Район горы Пинкилиной. Междуречье Апука — Ачайваям. Корякский хребет. Аэроснимок среднего масштаба

1 — линии и полосы оттока мелкоземного солифлюксия; 2 — гидротермально измененные вулканиты среднего состава



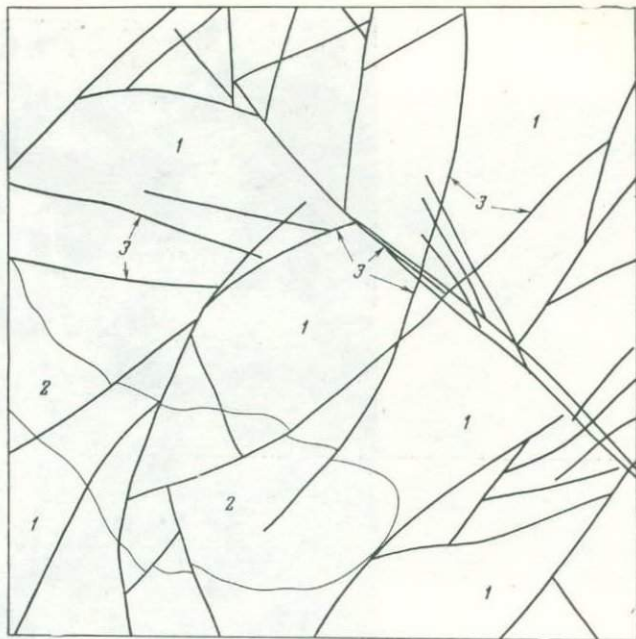
Фиг. 25. Молодые разломы Хапичинского дола, Камчатка. Аэроснимок среднего масштаба и схема дешифрирования.

1 — сбросо-сдвиг; 2 — сброс; 3 — грабен; 4 — грязе-каменный поток (лахар), перекрытый мощным (до 5 м) чехлом почвенно-пирокластических образований; 5 — граница воздействия палящих туч извержения вулкана Безымянного 1956 г.



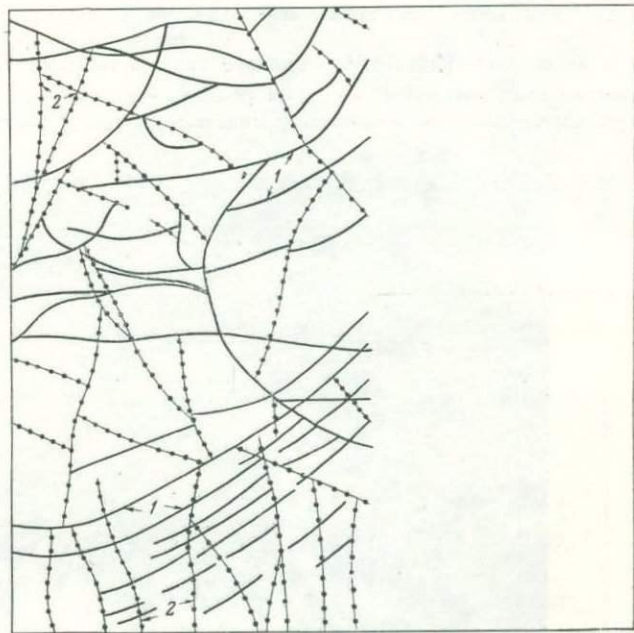
Фиг. 26. Грабен р. Шапиной. Зона сочленения Центральной Камчатской депрессии с Восточным хребтом Камчатки. Аэроснимок среднего масштаба.

1 — эскарпы разломов; 2 — вулканогенно-осадочные отложения (палеоген ?); 3 — грубо-обломочные вулканогенные образования среднего состава (плиоцен—нижний плейстоцен); 4 — верхнечетвертичные вулканогенные образования основного и среднего состава; 5 — аллювиально-пролювиальные образования (верхний плейстоцен—голоцен); 6 — морена позднечетвертичного оледенения; 7 — озерно-болотные образования; 8 — торфяно-болотные образования (голоцен)

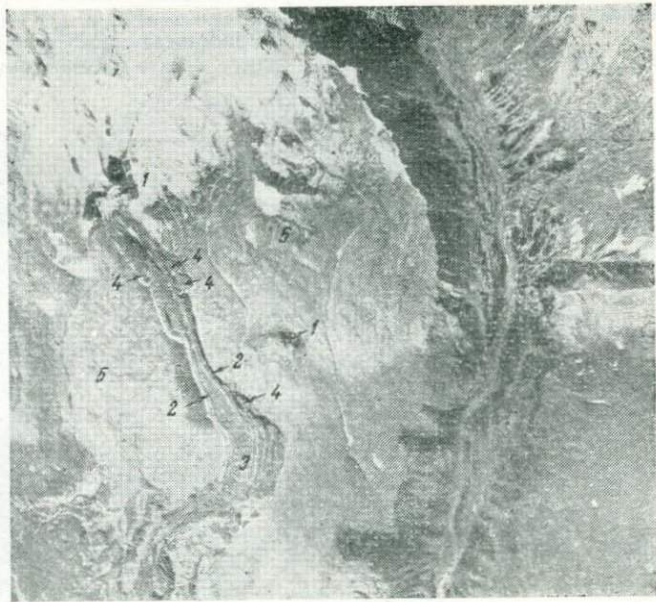


Фиг. 27. Проявление зон разломов в гидросети. Междуречье Еропол — Балаганчик. Анадырский сектор ОЧВП. Аэроснимок среднего масштаба и схема дешифрирования.

1 — эффузивно-пирокластическая толща основного и среднего состава (турон—сенон); 2 — оливиновые базальты (палеоген); 3 — разломы



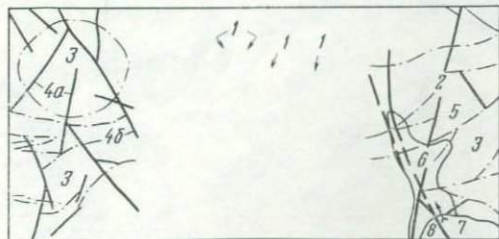
Фиг. 28. Фрагмент вулcano-тектонической депрессии, Анадырский сектор ОЧВП. Верховье р. Терпухой. Аэроснимок среднего масштаба и схема дешифрирования.  
На снимке отчетливо видны концентрически-дуговые (1) и радиальные (2) разломы, фиксирующие центральную и периферическую части крупной вулcano-тектонической структуры



Фиг. 29. Молодой вулканогенный рельеф междуречья Балыгинган — Янпат. Камчатка. Аэроснимок мелкого масштаба.  
 1 — денудированные склоны верхнечетвертичного андезито-базальтового стратовулкана; 2 — шлаковый конус; 3 — базальтовый поток (голоцен)

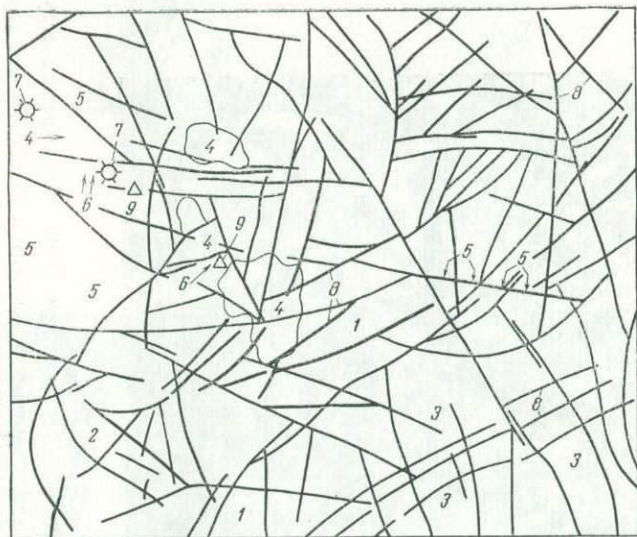
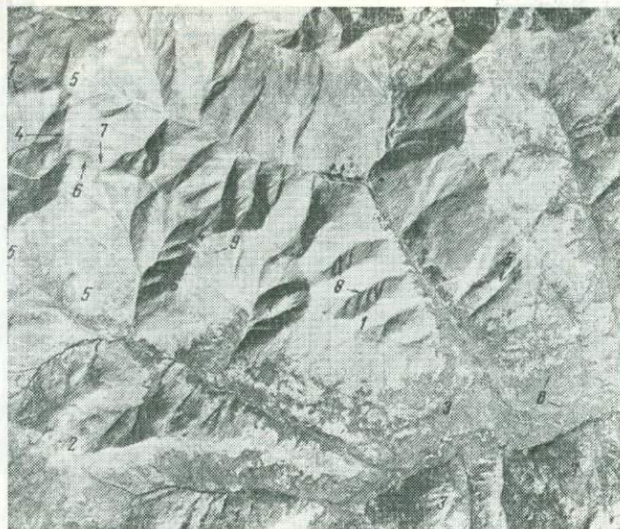
Фиг. 30. «Единицы потока» в современных базальтовых лавах — индикаторы состава лавовых образований. Срединный хребет Камчатки. Аэроснимок мелкого масштаба.

1 — шлаковый конус; 2 — боковые валы; 3 — поперечные валы; 4 — «единицы потока»; 5 — склоны позднечетвертичного андезитового стратовулкана.



Фиг. 31. Грабен долины р. Ничеквеем. Зона Анадырского структурного шва. Аэроснимок среднего масштаба

Фиг. 32. Пример дешифрируемости элементов геологического строения территории, контролирующих размещение рудопоявлений и россыпей. Стереограмма аэроснимков среднего масштаба (уменьшение 4 раза) и схема дешифрирования. 1 — кварц-адуляровые жилы; 2 — интрузия диоритов (поздний мел); 3 — вулканиты основного и среднего состава (верхний мел); основные разломы вулcano-структуры: 4а — радиальные, 4б — концентрически-дуговые; 5 — транзитные разломы; 6 — озерно-ледниковые отложения (верхний плейстоцен); 7 — четвертичная морена; 8 — направление движения ледника



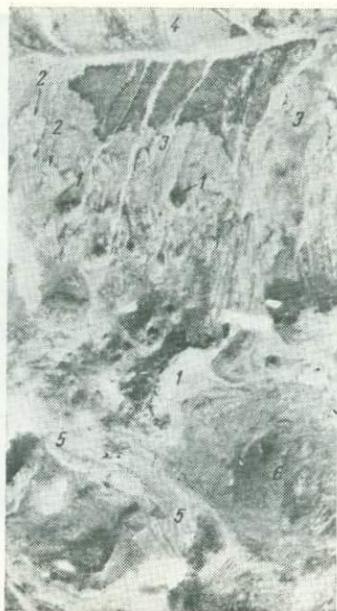
Фиг. 33. Пример дешифрируемости элементов геологического строения, контролирующего размещение комплексного рудопроявления. Аэроснимок мелкого масштаба и схема дешифрирования.

Позднемеловой эффузивно-пирокластический комплекс: 1 — андезито-дациты; 2 — лавы смешанного состава; 3 — андезиты; 4 — интрузии диоритов (поздний мел); 5 — зоны гидротермально измененных пород; 6 — кварцевые жилы; 7 — предполагаемые центры извержения; 8 — разломы; 9 — гидротермально измененные породы



Фиг. 34. Пример дешифрируемости элементов геологического строения, контролирующих размещение рудной минерализации. Аэроснимок среднего масштаба и схема дешифрирования.

1 — вулканиты основного и среднего состава (верхний мел); 2 — гидротермально измененные вулканогенные породы основного и среднего состава; 3 — проявление рудной минерализации; разломы: 4 — радиальные; 5 — концентрически-дуговые; 6 — аномальный со-лифлюкционный мелкозем-индикатор зон гидротермального изменения горных пород; 7 — гранодиориты (поздний мел)



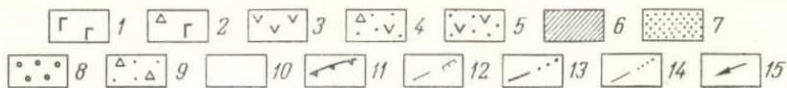
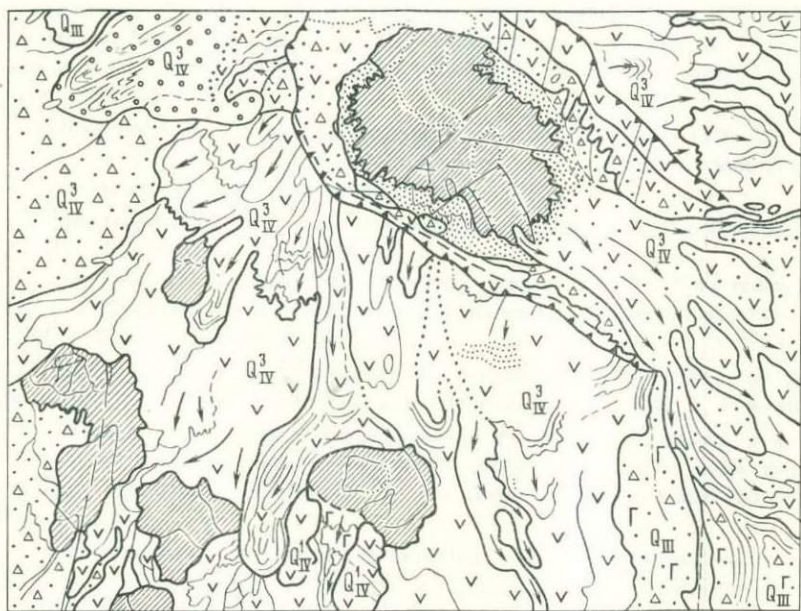
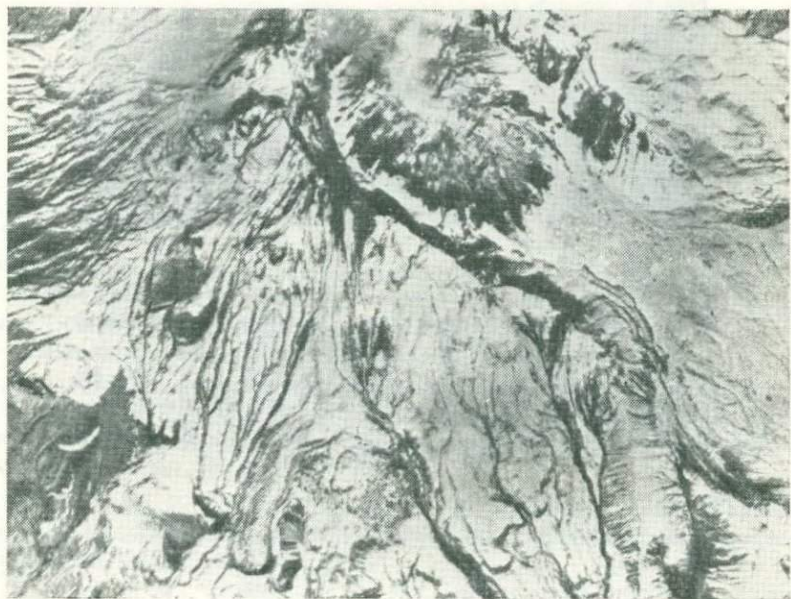
Фиг. 35. Геолого-ландшафтные индикаторы рудопоявления самородной серы. Фрагмент аэродинамики среднего масштаба (×3)

Гидротермально измененные породы: 1 — моно-кварциты; 2 — серые кварциты; 3 — аргиллиты; 4 — пропилиты; ландшафтные индикаторы рудопоявления: 5 — аномальный мелкоземный соли-флюксий; 6 — оползни

Фиг. 36. Пример дешифрирования и аннотирования аэроснимка.

Область развития новейших и современных вулканогенных образований — район вулканов Безымянный и Овальная Зимица: а — аэроснимок среднего масштаба (уменьшение 2 раза) и схема дешифрирования.

1 — базальтовые лавы вулкана Камень; 2 — лаво-пирокластическая толща базальтового состава; 3 — андезитовые лавы вулкана Безымянного; 4 — пирокластические образования андезитового состава; 5 — отложения пирокластических потоков; 6 — экструзивный купол «Новый»; 7 — отложения раскаленных лавин; 8 — морена; 9 — пролювиально-делювиальные образования; 10 — фумарола; 11 — кромка кратера; 12 — трещины; а — вертикальные, б — наклонные; 13 — дешифрирующиеся геологические границы: а — уверенно, б — неуверенно; 14 — дешифрирующиеся границы отдельных лавовых потоков, блоков экструзии и генераций делювиально-пролювиального чехла: а — уверенно, б — неуверенно; 15 — направление течения лавовых и пирокластических потоков





Фиг. 37. Пример дешифрирования и аннотирования аэро-  
снимка. Район кратерной воронки вулкана Плоский Тол-  
бачик. Камчатка. Стереограмма аэроснимков среднего  
масштаба; уменьшение  $2\times$ .

1 — жерло; 2 — дно кратера; 3 — бровка кратера; 4 — лавовое на-  
горье в кальдерной части вулканической постройки. Рельеф высо-  
когорный вулканического типа (абс. отм. —3000 м). Широко раз-  
виты ледники и многолетние снежники. Вершина плоская. Склоны  
интенсивно расчленены барранкосами. Дно кратера покрыто волни-  
стой лавой базальтов

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Азбукина Е. Н.* Дешифрирование аэроснимков для геоморфологических исследований. Л., Изд-во ЛГУ, 1969.
2. *Апрелков С. Е., Ежов Б. В.* Структуры вулканических полей Центрально-Камчатского пояса.— Геология и геофизика, 1977, № 4, с. 130—136.
3. *Аэрометоды* при геологической съемке в поисках полезных ископаемых. Том. I. Общие принципы исследований. М., Недра, 1964, 269 с.
4. *Аэрометоды* исследования местности. М., Недра, 1966. 113 с.
5. *Аэрометоды* геологических исследований. Л., Недра, 1971. 702 с.
6. *Башилова И. И., Махин Г. В., Еремени В. К.* Исследование космических телевизионных снимков — средство тектонического районирования.— Геология и разведка, 1973, № 7.
7. *Белый В. Ф.* Тектонические типы вулканических поясов Восточной Азии. — В кн.: Ассоциации вулканогенных пород и вулканические структуры. Новосибирск, 1974, с. 106—122.
8. *Белый В. Ф., Гельман М. Л.* Об отрицательных вулканоструктурах Охотско-Чукотского вулканического пояса.— В кн.: Ассоциации вулканических пород и вулканические структуры. Новосибирск, 1974, с. 70—86.
9. *Белый В. Ф., Шило Н. А.* Чукотско-Сихотэ-Алинский вулканический пояс. Охотско-Чукотское звено.— В кн.: Строение земной коры и верхней мантии в зоне перехода от Азиатского континента к Тихому океану. Новосибирск, 1976, с. 13—40.
10. *Бондарчук В. Г.* Основы геоморфологии. М., Учпедгиз, 1949, 319 с.
11. *Борисов О. Г., Борисова В. Н.* Экструзии и связанные с ними газогидротермальные процессы. Новосибирск, Наука, 1974. 197 с.
12. *Брюханов В. Н.* Геологическая дешифрируемость и ее определение. — Бюлл. НИИ ВИЭМС, № 59 (1), 1964.
13. *Брюханов В. Н.* Опыт районирования территории СССР по геологической дешифрируемости и условиям аэрофотосъемки для геологических целей. Автореф. канд. дисс. МГУ. М., 1967. 22 с.
14. *Брюханов В. Н.* О районировании территории по геологической дешифрируемости.— В кн.: Аэросъемка и ее применение.— Л., 1967, с. 177—180.
15. *Бышев А. С.* Опыт дешифрирования трещинной тектоники и анализ ее распределения с целью обнаружения погребенных структурных форм в пределах Вилуйской синеклизы.— В кн.: Вопросы региональной геологии СССР. М., 1971.
16. *Виноградов Б. В.* Система и развитие аэрофотографического эталонирования.— В кн.: Аэрофотографическое эталонирование и экстраполяция (Методическое пособие). Л., 1967, с. 5—16.
17. *Виноградов Б. В., Григорьев А. А.* Теория и развитие метода аэрофотографической экстраполяции.— В кн.: Аэрофотографическое эталонирование и экстраполяция (Методическое пособие). Л., 1967, с. 65—73.

18. Власов Г. М. Стратиграфия четвертичных отложений полуострова Камчатки и Курильских островов.— В кн.: Геологическое строение СССР, т. 2. М., Госгеолтехиздат, 1958.

19. Воевода В. М., Глиндзич В. А., Цикель Л. М. Пособие по фотограмметрическим работам при геологическом дешифрировании. М., Наука, 1967. 102 с.

20. Гальперов Г. В., Гусев Н. А., Виноградов А. И. О принципах районирования территории по условиям геологического дешифрирования аэро-снимков.— Труды IX Всес. совещ. по аэросъемке. Л., 1967, с. 192—196.

21. Геология СССР. Т. XXX. Северо-Восток СССР. Геологическое описание. М., Недра, 1970, Книга 1, 546 с., книга 2, 534 с.

22. Геология СССР. Т. XXXI. Камчатка, Курильские и Командорские острова. Часть I. Геологическое описание. М., Недра, 1964, 733 с.

23. Геология СССР. Т. XXXII. Приморский край. Часть I. Геологическое описание. М., Недра, 1969, 695 с.

24. Геологический словарь. М., Недра, 1973. Том первый, 485 с., том второй, 455 с.

25. Голяков В. И., Мерцалов И. М., Фомин В. И. Признаки плавления осадочных пород фундамента Охотско-Чукотского вулканогенного пояса (в связи с проблемой происхождения автомагматических брекчий). Бюлл. Моск. о-ва испытателей природы. Отд-ние геологии, 1973. Вып. 6. 136 с.

26. Горшков Г. С., Богоявленская Г. Е. Вулкан Безымянный и особенности его последнего извержения (1955—1963 гг.). М., Наука, 1965. 169 с.

27. Горшков Г. С., Дубик Ю. М. Направленный взрыв на вулкане Шивелуч.— В кн.: Вулканы и извержения. М., 1969, с. 3—38.

28. Горячев А. В. Основные закономерности тектонического развития Курило-Камчатской зоны. М., Наука, 1966. 234 с.

29. Господинов Г. В. Дешифрирование аэроснимков. М., изд-во МГУ, 1961. 184 с.

30. Гусев Н. А. Изучение районов современного вулканизма и его связи с глубинной геологией по снимкам из космоса.— В кн.: Исследование природной среды космическими средствами. Геология и геоморфология. Том V. М., 1976, с. 80—95.

31. Дмитриева В. К. Кайнозойский этап развития Камчатки. Автореферат канд. дисс. М., МГУ, 1975. 34 с.

32. Дорофеев К. Б., Лобунец С. С. Куполовидные рудоносные морфоструктуры бассейна р. Пенжины.— В кн.: Поисковая геоморфология, М., 1973.

33. Елович Е. Л., Долотов М. С., Шелухин Н. П. Использование материалов аэрофотосъемки при геологическом картировании масштаба 1 : 50 000. М., Недра, 1969. 40 с.

34. Ермаков В. А. Отложения направленного взрыва вулкана Камень.— В кн.: Вулканы и извержения. М., 1966, с. 82—98.

35. Жуланова И. Л. Тектоника и история формирования метаморфических комплексов северной части полуострова Тайгонос.— Геотектоника, 1974. № 1.

36. Загрузина И. А. Мезозойские гранитоидные формации Северо-Востока.— Труды СВ КНИИ. ДВНЦ АН СССР, Вып. 55, 1973, с. 215—229.

37. *Загружина И. А., Смирнов В. Н.* О возрасте магматических и метаморфических образований полуострова Тайгонос.— В кн.: Магматизм Северо-Востока СССР. М., 1973, с. 219—224.
38. *Зайцев Ю. А., Мухина Л. А.* Применение цветной и спектральной аэрофотосъемки в геологических целях. М., изд-во МГУ, 1966. 303 с.
39. *Золотов М. Г.* Связь золотого оруденения с магматическими породами среднего состава мезозойских и кайнозойских вулканических зон материковой части Дальнего Востока.— Сов. геология, 1965. № 7.
40. *Зрительное опознание и его нейрофизиологические механизмы* / В. Д. Глейзер, К. Н. Дудкин, Н. Д. Подвигин и др. Л., Наука, 1975. 272 с.
41. *Исаченко А. Г.* Основы ландшафтоведения и физико-географическое районирование. М., Высшая школа, 1965.
42. *Использование материалов аэрофотосъемки при геологическом картировании и поисках полезных ископаемых* / В. В. Козлов, Б. А. Снетков, А. В. Артемов и др. М., Недра, 1970. 111 с.
43. *Камчатка, Курильские и Командорские острова* / И. В. Мелекесцев, О. А. Брайцева, Э. Н. Эрлих и др. М., Наука, 1974. 437 с.
44. *Канфельд О. М., Котелков Р. П., Берендеев П. С.* Использование материалов аэрофотосъемки при геологическом картировании масштаба 1 : 50 000. М., Недра, 1967. 133 с.
45. *Карташев И. П.* О принципах построения геолого-геоморфологических прогнозных карт россыпей.— Труды ВНИИ-1, вып. 17, Магадан, 1958.
46. *Кац Л. Г., Рябухин А. Г., Трофимов Д. М.* Космические методы в геологии. М., изд-во МГУ, 1976. 246 с.
47. *Кашменская О. В., Хворостова З. М.* Изучение характера склонов в районах верховий Колымы и Индигирки с целью выявления неотектонических движений.— В кн.: Четвертичная геология и геоморфология Северо-Востока Сибири. Вып. 8. Новосибирск, 1964.
48. *Ковалева В. В., Розенкранц А. А., Смеловская М. М.* Особенности развития кайнозойского вулканизма в Центральной части Срединного хребта Камчатки.— В кн.: Эволюция вулканизма в истории Земли. М., 1973, с. 142—144.
49. *Колпаков В. В.* К методике геологических облетов (из опыта работ в Якутии).— Бюлл. НТИ ВИЭМС, 1964, № 59 (1).
50. *Комаров В. Б., Номоконова В. Ф., Углев Ю. В.* Дальнейшее развитие вопросов фотографической фильтрации изображения в целях геологического дешифрирования.— В кн.: Исследование природной среды космическими средствами. Геология и геоморфология. Том V. М., 1976, с. 271—280.
51. *Кондратенко А. К., Кузьмичева К. В.* Физические свойства субвулканических пород золотоносной формации.— В кн.: Магматизм Северо-Востока СССР. М., 1973, с. 230—235.
52. *Коншин М. Д.* Аэрофототопография. М., Геодезиздат, 1949. 369 с.
53. *Коптев-Дворников В. С., Яковлева Е. Б., Петрова М. А.* Вулканические породы и методы их изучения (на примере краснокаменно-измененных вулканогенных пород Казахстана). М., Недра, 1967. 330 с.
54. *Космическая фотосъемка и геологические исследования* / Г. Б. Гонин, С. И. Стрельников, Н. А. Яковлев и др. Л., Недра, 1975. 416 с.

55. *Кочнева Н. Т., Томсон И. Н.* О путях использования космических снимков при среднемасштабных металлогенических исследованиях.— В кн.: Исследование природной среды космическими средствами. Геология и геоморфология. Т. V. М., 1976, с. 222—231.
56. *Краевая Т. С., Мелекесцев И. В.* Рыхлые отложения подножий молодых стратовулканов Камчатки и вопросы их генезиса.— В кн.: Вулканические функции Камчатки. М., 1969, с. 35—55.
57. *Кучко А. С.* Аэрофотография (Основы и метрология). М., Недра, 1974. 272 с.
58. *Лавров Н. П.* Условия формирования гидротермальных месторождений в континентальных вулканических полях.— В кн.: Минеральные месторождения. М., 1972, с. 34—46.
59. *Ламакин В. В.* Динамические фазы речных форм и аллювиальных отложений.— Землеведение. Т. 2 (42), 1948.
60. *Ландшафтоведение.* Отв. ред. Н. А. Солнцев. М., Изд-во АН СССР, 1963.
61. *Лунгерсгаузен Г. Ф., Поникаров В. П.* Краткие итоги применения аэрометодов при геологической съемке территории СССР по опыту работ Всесоюзного аэрогеологического треста. Т. VIII. М., Госгеолтехиздат, 1959.
62. *Мелекесцев И. В.* Дешифрировочные признаки четвертичных вулканических образований Камчатки.— В кн.: Методика картирования вулканических формаций. М., 1969, с. 82—88.
63. *Мелекесцев И. В., Краевая Т. С., Брайцева О. А.* Почвенно-пирокластический чехол и его значение для тифрохронологии на Камчатке.— В кн.: Вулканические фации Камчатки. М., 1969, с. 61—71.
64. *Методическое* руководство по геоморфологическому картированию и производству геоморфологической съемки в масштабе 1:50 000—1:25 000. М., изд-во МГУ, 1962. 200 с.
65. *Методическое* руководство по инженерно-геокриологическим и гидрогеологическим работам при разведке рудных месторождений на Крайнем Севере/П. Ф. Швецов, Н. Г. Бобов, Л. Н. Крицук и др. М., Недра, 1972. 208 с.
66. *Милановский Е. Е.* Новейший вулканизм и типы вулканических ландшафтов Кавказа.— В кн.: Вопросы геофизики, М., 1968, с. 67—80.
67. *Миллер В., Миллер К.* Аэрофотогеология. М., Мир, 1964. 289 с.
68. *Мирошниченко В. П.* Аэровизуальные наблюдения при геологических исследованиях. Т. VIII, М., Госгеолтехиздат, 1959.
69. *Моралев В. М., Григораш Г. Ф.* Геодинамическая обстановка и металлогения позднемелового вулканизма Пенжинского сектора Охотско-Чукотского пояса.— В кн.: Глубинное строение, магматизм и металлогения Тихоокеанских вулканических поясов. Владивосток, 1976, с. 387—388.
70. *Мясниковский О. М., Садов А. В., Федин В. Г.* Возможности применения тепловой и радарной аэросъемки в геологии (по зарубежным источникам). М., ОНТИ ВИЭМС, сер. Методика, техн. и экон. геодезич. аэрофотографич. и картографич. работ, 1966.
71. *Новые данные о строении Охотско-Чукотского вулканического пояса в Пенжинском секторе/В. В. Ковалева, А. А. Розенкранц, В. Н. Ковалева и др.* — Разведка и охрана недр, 1978.

72. Основные особенности использования космических фотоснимков при региональных геологических исследованиях / Б. Н. Можяев, А. В. Доливо-Добровольский, Н. В. Кобец и др.—Геология и разведка, 1974, № 12, с. 12—22.

73. Петрусевиц М. Н. Аэрометоды при геологических исследованиях. М., Госгеолтехиздат, 1962. 406 с.

74. Петрусевиц М. Н., Казик Л. И. Комплексное применение аэросъемки и наземных стереофотограмметрических работ при детальном геологическом исследовании (фотогеологический метод).— В кн.: Научная отчетная конференция геологического факультета. М., 1966, с. 24—27.

75. Радкевич Е. А. Металлогения Южного Приморья. М., Изд-во АН СССР, 1958. 109 с.

76. Радкевич Е. А. Металлогенические провинции Тихоокеанского рудного пояса. М., Наука, 1977. 175 с.

77. Райзер П. Л. Опыт приложения теории познания и логики к дешифрированию аэроснимков.— В кн.: Комплексное дешифрирование аэроснимков. М.—Л., 1964, с. 176—185.

78. Розенкранц А. А., Фомин В. И., Ковалева В. В. Определение состава современных лавовых потоков с помощью аэрофотометра.— ВИЭМС. Сер. VII, 1974, вып. 7, с. 10—16.

79. Розенкранц А. А., Климов В. Н., Фомин В. И. Опыт совместной интерпретации космифотоснимков и геофизических материалов для выделения региональных разломов.— Разведка и охрана недр, 1977.

80. Салун С. А. Тектоника и история развития Сихотэ-Алинской геосинклинальной складчатой системы. Автореферат докт. дисс. М., МГРИ, 1975. 28 с.

81. Сапожникова Е. Н. Морфоструктурное дешифрирование топографических карт при металлогенических исследованиях.— В кн.: Вопросы геоморфологии, 1974, с. 62—63.

82. Связь магматизма и эндогенной минерализации с блоковой тектоникой / М. А. Фаворская, И. Н. Томсон, Р. Г. Иванов и др. М., Недра, 1969. 263 с.

83. Святловский А. Е. Региональная вулканология. М., Недра, 1975.

84. Север Дальнего Востока. М., Недра, 1970. 488 с.

85. Сидоров А. А., Югай Т. А. Некоторые сведения о мезокайнозойских золото-серебряных месторождений.— Труды СВ КНИИ ДВНЦ АН СССР, вып. 44, Магадан, 1972, с. 53—64.

86. Симонов Ю. Г. Морфологическая характеристика в вершинном поясе гор (на примере Забайкалья).— В кн.: Вопросы морфолитогенеза в вершинном поясе горных стран. Чита, 1969.

87. Сирин А. Н. О соотношении центрального и ареального вулканизма (на примере вулкана Плоского и шлаковых конусов Ключевского дола на Камчатке). М., Наука, 1969. 195 с.

88. Скарятин В. Д. Применение метода многоступенчатой генерализации при изучении геологических структур разного масштаба (на примере Северного Кавказа).— В кн.: Исследование природной среды космическими средствами. Геология и геоморфология. Т. V. М., 1976, с. 123—142.

89. *Снятков Л. А., Снятков Б. А.* Складчатые области Востока СССР. Верхояно-Чукотская складчатая область. — В кн.: Геологическое строение СССР. Тектоника. Т. 3. М., 1958, с. 222—223.
90. *Справочник* укрупненных проектно-сметных нормативов на геолого-разведочные работы (СУСН). Вып. 1. Геологические и поисковые работы. М., Недра, 1969. 173 с.
91. *Ставцев А. Л., Филатова Н. И.* Возможности изучения вулканических поясов по материалам космических съемок (на примере Охотско-Чукотского вулканогенного пояса). — В кн.: Использование информации, получаемой из космоса, для решения геологических задач. М., 1976, с. 41—44.
92. *Сулов С. П.* Физическая география. Азиатская часть. М., Учпедгиз, 1954. 711 с.
93. *Г. Тазиев.* Кратеры в огне. М., Изд-во географической литературы, 1958. 174 с.
94. *Тектоника* и глубинное строение Северо-Востока СССР. Тектоническая карта Северо-Востока СССР (масштаб 1 : 2 500 000) / В. Ф. Белый, А. А. Николаевский, С. М. Тильман, Н. А. Шило. — Труды СВ КНИИ ДВНЦ АН СССР, вып. 11, Магадан, 1964, с. 3—9.
95. *Толчельников Ю. С.* Оптические свойства ландшафта (применительно к аэросъемке). Л., Наука, 1974, с. 1—252.
96. *Томирдиаро С. В.* Вечная мерзлота и освоение горных стран и низменностей (на примере Магаданской области и Якутской АССР). Магадан, Магаданское кн. изд-во, 1972.
97. *Трофимов Д. М.* Особенности литолого-петрографического дешифрирования космофотоснимков и некоторые аспекты использования их для палеотектонического анализа и геокартирования. — Геология и разведка, 1974, № 12, с. 26—34.
98. *Устиев Е. К.* Охотский тектоно-магматический пояс и некоторые связанные с ним проблемы. — Сов. геология, 1959, № 3.
99. *Физические свойства* горных пород и полезных ископаемых СССР / Н. Б. Дортман, В. И. Васильева, А. К. Вейнберг и др. М., Недра, 1964. 325 с.
100. *Флоренский И. В., Флоренский П. В.* Проявление внутренней геологической структуры Камчатки на космических снимках разного масштаба. — В кн.: Исследование природной среды космическими средствами. Геология и геоморфология. Т. V. М., 1976, с. 72—80.
101. *Фомин В. И., Корольков А. С., Дорогутин А. П.* Применение аэрометода для выявления кварцевых жил. — Разведка и охрана недр, 1970, № 5, с. 16—19.
102. *Фомин В. И., Корольков А. С., Дорогутин А. П.* Опыт районирования материковой части Камчатской области по геологической дешифрируемости. — ВИЭМС, сер. VII, 1974, вып. 10—11, с. 1—5.
103. *Фомин В. И., Корольков А. С., Дорогутин А. П.* Выявление участков и зон гидротермально измененных пород методом дешифрирования. Разведка и охрана недр, 1975, № 6, с. 14—17.
104. *Фомин В. И., Корольков А. С.* Новые возможности выявления золоторудных узлов в пределах вулканотектонических структур с помощью структурно-геологических методов (на примере Охотско-Чукотского вулка-

нического пояса). — В кн.: Глубинное строение, магматизм и металлогения Тихоокеанских вулканических поясов, Владивосток, 1976, с. 388—389.

105. Хаин В. Е. Тектонические типы вулканических поясов. — В кн.: Проблемы геологии и металлогении вулканических поясов. Т. I, Владивосток, 1970, с. 9—18.

106. Шатский Н. С., Богданов А. А. Тектоническая карта СССР и сопредельных стран в масштабе 1:5 000 000 (объяснительная записка) М., Госгеолтехиздат, 1957.

107. Шеймович В. С. Особенности развития дочетвертичных вулканотектонических депрессий на Камчатке. — Геотектоника, 1974, № 6, с. 118—126.

108. Щеглов А. Д. Основы металлогенического анализа. М., Недра, 1976. 293 с.

109. Шукин И. С. Общая геоморфология. Т. II, М., изд-во МГУ, 1964.

110. Nichols R. S. Flow-units in basalt — Jorh. Geol., v. 44, 1936, p. 617—630.

111. Wentworth C. K., Macdonald G. A. Structures and forms of basaltic rocks Hawaii — U. S. Geol. Surv., Bull. 99, 1953.

## СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	3
Введение	4
<b>Основные черты геологии и ландшафта Дальнего Востока</b>	<b>8</b>
Геология вулканических поясов	8
Охотско-Чукотский вулканический пояс	8
Восточно-Сихотэ-Алинский вулканический пояс	10
Вулканические пояса Камчатки	13
Общие особенности магматизма, тектоники и металлогении	16
Ландшафты вулканических поясов	18
Рельеф (19). Климат (24). Почвы (25)	
Растительность (25). Геоиндицирующие свойства компонентов ландшафта	27
<b>Важнейшие объекты дешифрирования</b>	<b>37</b>
Формы и типы рельефа	38
Горные породы	48
Границы дешифрируемых объектов	72
Элементы тектоники	73
<b>Фотогеологическое изучение вулканических поясов</b>	<b>83</b>
Дешифрирование форм и типов рельефа	83
Дешифрирование горных пород	91
Дешифрирование границ картируемых объектов	102
Изучение элементов тектоники	106
<b>Методика фотогеологических исследований</b>	<b>112</b>
Последовательность и задачи	112
Специфика фотогеологического изучения вулканических поясов	114
Составление и оформление карт и схем	116
Специальные приемы и способы дешифрирования	135
Систематизация опыта дешифрирования	144
Таблицы признаков дешифрирования	144
Подбор, дешифрирование и аннотирование фотоснимков-иллюстраций	147
<b>Районирование вулканических поясов Дальнего Востока по степени геологической дешифрируемости</b>	<b>152</b>
Иллюстрации	177
Список литературы	207
Приложения (I—IV)	

ИБ № 2248

ВАЛЕНТИН ИВАНОВИЧ ФОМИН

**ФОТОГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ  
ВУЛКАНИЧЕСКИХ ПОЯСОВ**

Редактор издательства М. Д. Мирзоева  
Переплет художника А. Е. Григорьева  
Художественный редактор Е. Л. Юрковская  
Технический редактор Е. Н. Семенова  
Корректор К. И. Савенкова

Сдано в набор 08.12.78. Подписано в печать 24.05.79. Т-09462  
Формат 60×90<sup>1/16</sup> Бумага № 1. Гарнитура литер. Печать высокая.  
Печ. л. 14,0 с 2 вкл. Уч.-изд. л. 14,27 Тираж 1400 экз. Заказ 2154/7001—1  
Цена 75 коп.

Издательство «Недра», 103633, Москва, К-12, Третьяковский проезд, 1/19.

Московская типография № 6 Союзполиграфпрома  
при Государственном комитете СССР  
по делам издательств, полиграфии и книжной торговли.  
109088, Москва, Ж-88, Южнопортовая ул., 24.

Уважаемый товарищ!

В ИЗДАТЕЛЬСТВЕ «НЕДРА»  
ГОТОВЯТСЯ К ПЕЧАТИ НОВЫЕ КНИГИ

**АЛТУХОВ Е. Н.** Докембрийская тектоника и металлогеническая зональность Центральной Азии. 20 л. 3 р. 20 к.

В книге рассмотрены вопросы расчленения докембрийских структур Центральной Азии на зоны разновозрастной консолидации, в составе которых выделены разнообразные типы геосинклинальных и орогенных структур, а также образования платформенного чехла. Освещается соотношение фанерозойских структур, магматизма и металлогенической зональности со структурами докембрийского фундамента. Показано решающее значение докембрийского тектогенеза в становлении континентальной коры складчатых областей Центральной Азии, формирования их геологической структуры и металлогенической зональности.

Книга представляет интерес для геологов широкого профиля, изучающих тектонику и металлогению Центральной Азии и сопредельных районов.

**ПАЛЕОГЕОГРАФИЧЕСКИЙ** анализ для прогнозирования бокситоносности/ Биджиев Р. А., Белозерова Н. Н., Брызгалова М. М. и др. 18 л. 1 р. 10 к.

В работе освещаются вопросы регионального прогнозирования бокситоносности с помощью палеогеографического анализа. Большое внимание уделено природным факторам, влияющим на образование бокситов. Рассматривается значение важнейших геолого-географических предпосылок применительно к палеогеографическому прогнозированию бокситоносности. Обсуждается методика палеогеографического анализа и составление прогнозных палеогеографических карт и схем. Приводятся примеры палеогеографического анализа некоторых районов СССР и рекомендации для поисков урвней и площадей бокситообразования.

Книга рассчитана на широкий круг геологов, занимающихся вопросами региональной стратиграфии, литологии, палеогеографии и картирования осадочных и вулканогенно-осадочных комплексов.

*Интересующие Вас книги Вы можете приобрести в местных книжных магазинах, распространяющих научно-техническую литературу, или заказать через отдел «Книга — почтой» магазинов:*

№ 17—199178, Ленинград, В. О., Средний проспект, 61;

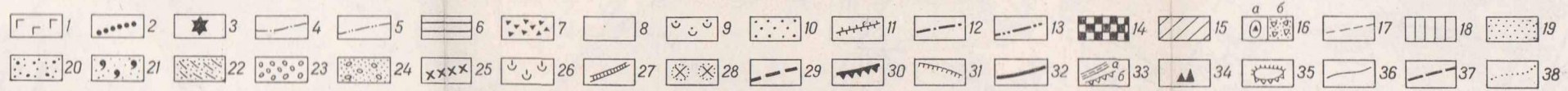
№ 59—127412, Москва, Коровинское шоссе, 20

ИЗДАТЕЛЬСТВО «НЕДРА»

75 коп.

3020

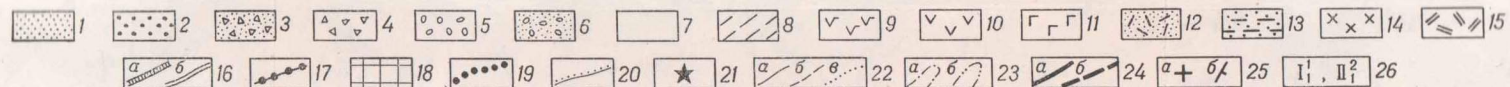
НЕДРА



Приложение I. Фрагмент аэрофотогеоморфологической карты (по А. С. Королькову с добавлениями автора). Пенжинский сектор ОЧВП. Масштаб 1 : 33 000.

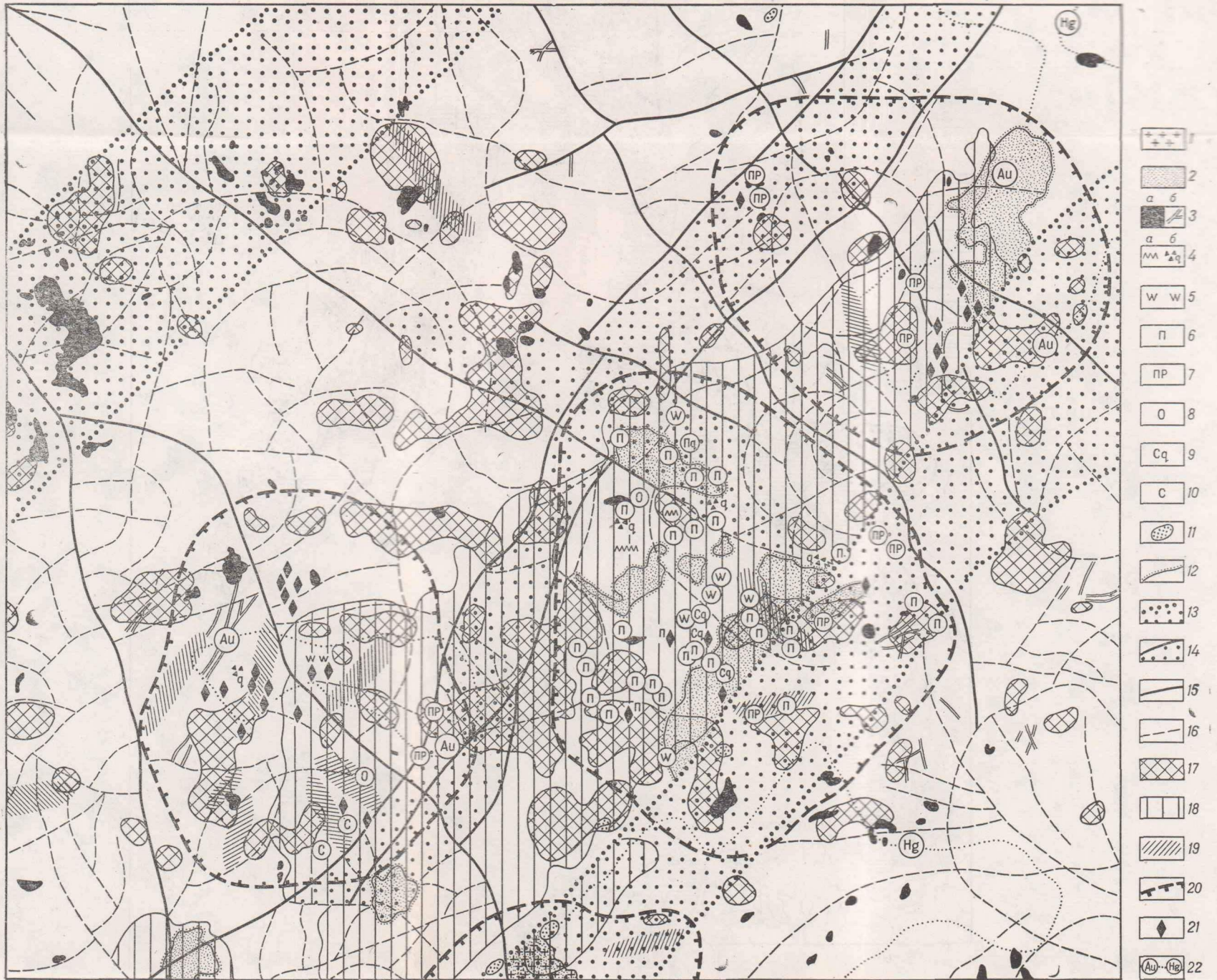
Структурно-денудационный рельеф: 1 — поверхности отпрепарированных вулканических покровов и потоков, 2 — отпрепарированные дайки и жилы, 3 — обелископодобные скалы, фиксирующие жерловины; криогенно-денудационный средне- и низкорный рельеф: 4 — узкие водоразделы со склонами средней длины, 5 — широкие водоразделы с пологими склонами разной длины, 6 — вершинные поверхности альтиплана и нагорные террасы, 7 — курумные склоны, 8 — солифлюкционно-курумные склоны, 9 — курумво-солифлюкционные склоны, 10 — солифлюкционные склоны; альпийский высокогорный и эрозионно-денудационный средне- и низкорный рельеф: 11 — гребневидные водоразделы (скальные гребни и пики), 12 — узкие водоразделы с протяженными склонами, 13 — широкие водоразделы с протяженными склонами, 14 — вершинные поверхности, 15 — обвальнo-осыпные склоны, 16 — коллювиальные конусы (а) и шлейфы (б); флювиальный рельеф: 17 — тальвеги эрозионных ложбин, 18 — низкая пойма и русло, 19 — высокая пойма, 20 — нерасчлененная пойма, 21 — террасовые уровни, 22 — пролювиальные конусы и шлейфы; ледниковый рельеф: 23 — морены позднечетвертичного оледенения, 24 — водно-ледниковые террасы позднечетвертичного оледенения; элементы рельефа, способствующие выявлению объектов для постановки поисковых работ: 25 — аномальный мелкоземный солифлюксий, 26 — локальные оползневые склоны, 27 — непротяженные (замкнутые) микроложбины в приводораздельных частях склонов, 28 — локально расположенные бугры и западины на склонах и водоразделах; элементы рельефа, способствующие выявлению разрывных нарушений: 29 — тальвеги эрозионных ложбин, 30 — линии швов и перегибов склонов и водоразделов, 31 — линии бровок нивационных и эрозионных уступов, 32 — прямолнейные участки границ форм рельефа, 33 — прямолнейные ложбины (а) и уступы (б) на водоразделах; 34 — денудационные останцы; 35 — нивационные останцы; границы форм рельефа: 36 — четкие, 37 — нечеткие, 38 — весьма нечеткие





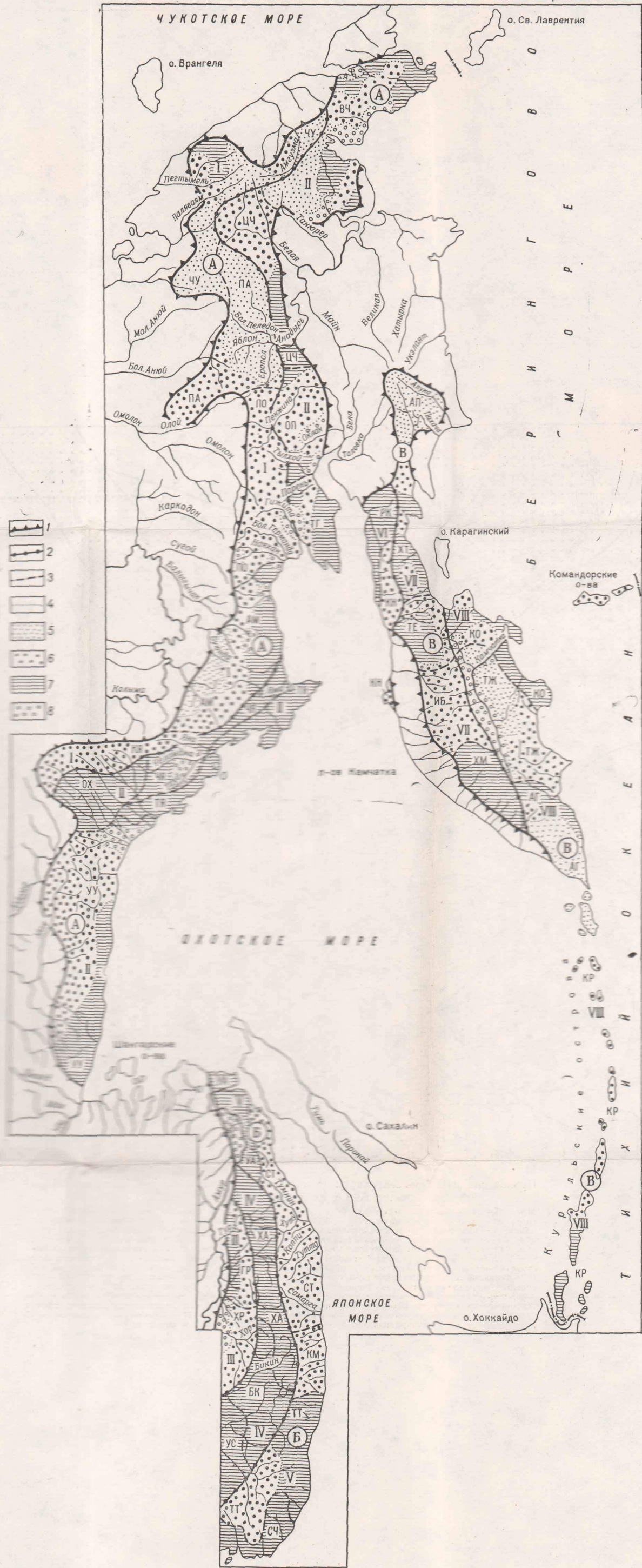
Приложение II. Фрагмент аэрофотогеологической карты (по В. И. Фомину, А. С. Королькову). Район междуречья Утгаедем — Шайбоведем. Пенжинский сектор ОЧВП. Масштаб 1 : 33 000.

1 — русловые и пойменные галечники, пески; 2 — пойменные галечники, пески, илы; 3 — пролювиальные щебень, дресва; 4 — коллювиальные глыбы, щебень, дресва; 5 — собственно ледниковые валуны, суглинки; 6 — водно-ледниковые валуны, галечники, супеси, суглинки; 7 — солифлюкционные дресва, супеси; 8 — курумово-солифлюкционные щебень, дресва, супеси; 9 — базальты, андезиты, их туфы, лавовые брекчии; 10 — преимущественно андезиты; 11 — базальты; 12 — преимущественно туфы кислого состава; 13 — алевриты, аргиллиты, песчанки; 14 — интрузии диоритов; 15 — субвулканические интрузии дацитов; 16 — субвулканические дайки; 17 — кварцевые жилы; 18 — участок гидротермального изменения вулканогенных пород (окварцевание, сульфидизация, пропилитизация); 19 — аномальный мелкоземный солифлюксий — индикатор гидротермального изменения пород; 20 — роговики; 21 — предполагаемые центры вулканических извержений; 22 — границы картируемых объектов: а — структурно-литологических комплексов, б — генетических групп пород, в — полей развития пород; 23 — границы отдельных потоков, покровов: а — в скальных выходах, б — под покровом рыхлых образований; 24 — разрывные нарушения: а — среди скальных образований, б — под покровом рыхлых образований; 25 — элементы залегания: а — горизонтальное, б — наклонное; 26 — поля развития преимущественного типа пород (ПРП)



Приложение III. Фрагмент карты рудоконтролирующих факторов, составленной методом АФГК-50. Анадырский сектор ОЧВП.

Магматические факторы: интрузивные массивы: 1 — гранитов (ранний мел), 2 — гранодиоритов (поздний мел), 3 — субвулканические (а) и дайки (б) (поздний мел); постмагматические образования: 4 — кварцевые (а) и кварц-карбонатные (б) жилы, 5 — вторичные кварциты, 6 — пиритизация, 7 — пропитизация, 8 — окварцевание, 9 — карбонатизация и окварцевание, 10 — сульфидизация, 11 — гидротермально измененные породы нерасчлененные (по данным аэровизуальных работ); 12 — контактово-метаморфические породы (роговики); структурные факторы: 13 — региональные структурные швы, 14 — локальные структурные швы, 15 — локальные зоны разрывных нарушений, 16 — радиальные и концентрически-дуговые разломы вулканотектонических структур, 17 — положительные аномалии плотностей трещиноватости; геоморфологические факторы: 18 — междуречья с устойчивым неотектоническим поднятием на участках воздымания фундамента, 19 — участки неотектонических структур наиболее благоприятные для обнаружения золотого оруденения; прочие знаки: 20 — площади вероятного местонахождения рудных тел; 21 — проявление эпitherмальной минерализации; 22 — ореолы рассеяния золота и киновари



Приложение IV. Схема районирования вулканических поясов советского Дальнего Востока по геологической дешифрируемости. Масштаб 1 : 10 000 000.

Зоны дешифрируемости: А — Охотско-Чукотская, Б — Сихотэ-Алиинская, В — Курило-Камчатско-Корякская; подзоны дешифрируемости: I — Сунтаро-Куветская, II — Айвано-Ульинская, III — Западно-Сихотэ-Алиинская, IV — Центрально-Сихотэ-Алиинская, V — Восточно-Сихотэ-Алиинская, VI — Западно-Камчатская, VII — Средне-Камчатско-Корякская, VIII — Курило-Восточно-Камчатская, IX — Куйдусуно-Янская; AM — Армяно-Маяканская; ПО — Приомолонская; ПА — Пелелдо-Анадырская; ЧУ — Чаунская; ВЧ — Восточно-Чукотская; ЦЧ — Центрально-Чукотская; ОП — Окладно-Пейжинская; ТГ — Тайгонская; ТЯ — Гауйско-Янская; ЧЯ — Чукотско-Янская; ОХ — Охотско-Чукотская; КУ — Курило-Камчатско-Корякская; СА — Сахалинская; ХО — Хоккайдо-Японская.