

Т.Ф.Иванова

**ПРИМЕНЕНИЕ  
АЭРОМЕТОДОВ  
ПРИ ИНЖЕНЕРНО-  
ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКИХ  
ИЗЫСКАНИЯХ**



АКАДЕМИЯ НАУК СССР

ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ И НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ  
ПО ИНЖЕНЕРНЫМ ИЗЫСКАНИЯМ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ ГОССТРОЯ СССР

Т.Ф.Иванова

3942

**ПРИМЕНЕНИЕ  
АЭРОМЕТОДОВ  
ПРИ ИНЖЕНЕРНО-  
ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКИХ  
ИЗЫСКАНИЯХ**



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»

Москва 1982



**И в а н о в а Т. Ф.** Применение аэрометодов при инженерно-геокриологических изысканиях. М.: Наука, 1982.

В настоящей монографии рассмотрены особенности применения аэрометодов при инженерно-геологических изысканиях в условиях распространения высокотемпературных мерзлых горных пород. Показаны возможности изучения и картирования мерзлых пород с помощью двух видов аэрометодов, применяемых в геокриологии — аэровизуальных наблюдений и дешифрирования аэрофотоснимков. Описаны индикационные и косвенные дешифровочные признаки для расшифровки геокриологических условий (характеристик) по их изображениям на аэрофотоснимках, определена информационная емкость снимков различных масштабов и их значимость для разных стадий проектирования. Показаны возможности составления геокриологических карт по материалам камерального дешифрирования аэрофотоснимков.

*Табл. 6, ил. 27, библиогр. с. 68—69 (33 назв.)*

Ответственный редактор  
Е. Б. БЕЛОПУХОВА

## ВВЕДЕНИЕ

Применение аэрометодов в районах распространения многолетнемерзлых пород (ММП) повышает оперативность и качество проводимых исследований. К настоящему времени накоплен значительный опыт использования этих методов как при практическом освоении областей распространения ММП, так и при региональных и тематических исследованиях. Результаты работ, проведенных в этой области, впервые обобщены в монографии И. В. Протасевой [1967]. В ней охвачен обширный круг вопросов, освещающих применение аэрометодов при изучении ММП, разработана теория геокриологического дешифрирования материалов аэрофотосъемок и аэровизуальных наблюдений в районах развития этих пород и методика их практического использования.

Наиболее перспективное дальнейшее развитие аэрометодов в геокриологии — это их использование в региональном плане, позволяющее существенно увеличивать объем получаемой информации. Размах геокриологических исследований, проводимых в нашей стране в связи с инженерно-геокриологическими изысканиями, с каждым годом возрастает в связи с интенсивным освоением северных районов, где широко распространены ММП. В основе этих исследований лежит ландшафтно-индикационный метод изучения ММП, в котором главную роль играет дешифрирование аэрофотоматериалов. Поэтому правильная оценка информативности дешифрирования фотодокументации, отображающей различные физико-географические условия исследуемого региона, имеет большое значение для рационального планирования и успешного проведения геокриологических исследований. Дальнейшее развитие региональной специфики аэрометодов увеличит их эффективность при инженерно-геокриологических изысканиях на малоизученных территориях Крайнего Севера СССР. Территориально систематизированные исследования по использованию аэрометодов перспективны также в новом направлении инженерно-геологических работ, связанном с использованием космических снимков [Мирошниченко, 1976; Гудилин, Комаров, 1978; Садов, Ревзон, 1979; Некрасов, 1979; и др.]. Методические разработки дешифрирования материалов космических съемок опираются на региональные эталоны, отрабатываемые методами наземного обоснования: ландшафтно-индикационными исследованиями с полевым дешифрированием аэрофотоснимков.

Выявление региональной специфики аэрометодов имеет особое значение для производства изысканий в интенсивно осваиваемых районах Европейского Севера и Западной Сибири с характерным для них прерывистым и островным распространением мерзлых толщ рыхлого состава. Возможность быстрого и малотрудоемкого получения информации в крайне изменчивых геокриологических условиях значительно повысит производительность работ и сроки их проведения. Особенности применения аэрометодов к настоящее-

му времени достаточно полно отражены в опубликованной литературе лишь для Западной Сибири [Ускоренные методы..., 1973; Москаленко, Тагунова, 1974; Ландшафтные индикаторы..., 1974; Методическое руководство..., 1978; и др.]. Для Европейского Севера, несмотря на большой опыт, они освещены лишь частично [Рекомендации по методике..., 1971; Иванова, 1970; 1971; 1973; Иванова и др. 1970; 1972; 1977'].

В настоящей монографии сделана попытка обобщить накопленные представления и рассмотреть вопросы использования аэрометодов применительно к условиям Европейского Северо-Востока.

Европейский Северо-Восток — это территория, расположенная в центральной части Печорской низменности, ограниченная с востока Уралом и Пай-Хоем, а с запада — Тиманом. Низменность пересекается тремя геоботаническими зонами, имеющими примерно широтное простираение — тундрой, лесотундрой и лесной зоной.

Главная водная артерия — р. Печора.

Для выполнения настоящей работы были использованы материалы Северного отделения Научно-исследовательского института оснований и подземных сооружений Госстроя СССР, полученные при инженерно-криологической съемке в различных районах указанного региона в течение последних двух десятков лет.

В предлагаемой монографии рассмотрены особенности дешифрирования мерзлых пород по аэрофотоснимкам различных масштабов, закономерности пространственного изменения дешифровочных признаков, количество и качество получаемой информации и другие вопросы.

В работе также принимали участие В. А. Лынов и Е. К. Крылова.

Совместно с В. А. Лыновым написан крупный раздел работы «Аэровизуальные наблюдения при геокриологических исследованиях» и более мелкие разделы: «III ландшафтная подзона» и «Информационная емкость аэрофотоснимков различных масштабов»; совместно с Е. К. Крыловой — крупный раздел «Составление геокриологических карт по материалам камерального дешифрирования», составлены макеты карт. Авторы надеются, что разработанные ими рекомендации могут быть использованы различными проектными, изыскательскими и геологическими организациями при освоении территории Евронейского Северо-Востока и районов, сходных с ним по геокриологическим условиям.

# ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЛАНДШАФТОВ — ОСНОВА ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАТИВНОСТИ АЭРОСНИМКОВ

## ДЕШИФРОВОЧНЫЕ ПРИЗНАКИ

Аэрофотоснимок представляет собой уменьшенную модель местности и содержит определенный объем информации. Процесс дешифрирования состоит в получении информации с аэроснимка, при этом, геокриологическое дешифрирование относится к одному из специальных видов этой работы. Его отличительная особенность состоит в том, что геокриологическая интерпретация аэрофотоснимков представляет собой многоступенчатое индикационное распознавание фотоизображений. При этом объекты индикации (сезонно- и многолетнемерзлые породы, талики и т. д.) опознаются не прямыми дешифровочными признаками (цвет, тон, структура фотоизображения), а опосредованно — через систему косвенных признаков или индикаторов, в качестве которых выступают физиономические компоненты ландшафта.

Ландшафтные индикаторы — это внешние компоненты ландшафта или их совокупности, находящиеся в закономерной причинно-следственной связи с отдельными характеристиками геокриологических условий или с их комплексом. К внешним компонентам ландшафта относятся, как известно, рельеф, растительность, гидрографическая сеть, т. е. те элементы, которые определяют внешний облик ландшафта и изображаются на фотоснимках. Установление индикаторов основано на выявлении закономерных зависимостей компонентов ландшафта и их комплексов от геокриологических условий.

Опыт показывает, что в пределах крупных, исторически обособленных территорий (горы, плато, низменности и т. д.) геокриологическое дешифрирование выполняется с разной степенью детализации и различной затратой времени и средств. Например, дешифрирование на равнинах, относящихся к типу закрытых территорий, наиболее трудно и сложно. В связи с этим отработка методики интерпретации ландшафтных индикаторов применительно к конкретным территориям в настоящее время находит широкое применение при региональных геокриологических исследованиях и изысканиях. Такой подход к дешифрированию аэроснимков в ряде случаев позволяет получать новую, ранее неизвестную информацию или информацию, дополняющую представления, которые сложились до получения дешифровочных данных.

В настоящей работе изложены результаты ландшафтно-индикационных исследований с целью геокриологического дешифрирования аэрофотоснимков для условий Европейского Северо-Востока. Эти исследования осуществлялись традиционными методами, включающими обычный комплекс наземных работ с полевым дешифрированием аэрофотоснимков и проводились в различных районах в связи со съемочными работами тематического и прикладного характера. При этом анализировался обширный материал, накопленный по исследуемому региону за длительную историю его геокриологического изучения. Все это позволило произвести выбор ландшафтных

индикаторов, которые можно использовать при дешифрировании в природной обстановке, и оценить их эффективность с точки зрения получения информации о мерзлых породах.

Основные закономерности формирования геокриологических условий Европейского Северо-Востока [Геокриологические условия Печорского угольного бассейна, 1964; Суходольский, 1978; Оберман, 1974] связаны с его широтным положением, геологическим строением, рельефом и растительностью.

Климат района континентально-морской. Среднегодовые температуры воздуха изменяются от  $-1,5^{\circ}\text{C}$  на юге до  $-7,1^{\circ}\text{C}$  на севере, повышаясь с севера на юг на  $1,5^{\circ}$  каждые 100 км. Годовое количество осадков около 350 мм. Максимум их приходится на зиму. Мощность снежного покрова изменяется от 0,1—0,2 м до нескольких метров, что создает неоднородные радиационно-тепловые условия на различных элементах рельефа. Особенно резко эта дифференциация выражена в тундровой зоне, где происходит наиболее интенсивный перенос снега. В лесотундре и северной тайге благодаря влиянию леса и кустарников различия в мощности снега на разных формах рельефа сглаживаются. В рассматриваемой природной обстановке снежный покров является одним из наиболее важных признаков, определяющих и индицирующих геокриологические условия. При мощности его до 0,5 м развиты обычно многолетнемерзлые породы, от 0,5 до 0,8 м, возможны талые и мерзлые породы, а критическая мощность снежного покрова более 0,8 м независимо от прочих условий указывает на талые породы.

Существенную информацию о геокриологических условиях территории дают гидрографические индикаторы. Как показывают исследования, существует связь между водными объектами и геологическим строением территории [Хортон, 1948], наиболее четко она проявляется в некоторых общих закономерностях строения гидрогеографической сети. Эти особенности могут быть достаточно полно изучены по фотосхемам и аэроснимкам.

При изучении строения гидрографической сети устанавливается в первую очередь ее рисунок. Для подавляющей части территории региона характерны широкие долины рек Печора, Уса, Черная, Море-ю, Колва, Коротаиха, Индига и др. с хорошо выраженными пойменными и террасовыми (I-III) уровнями. Этим долинам соответствует ветвистый тип рисунка, являющийся показателем сравнительно однородных по составу рыхлых отложений в пределах выровненного рельефа с зонально меняющимися геокриологическими условиями. Геокриологическая зональность выражена в постепенном возрастании к северу суровости геокриологических условий: увеличении площадного распространения и мощности развитых с поверхности ММП, понижении их температуры, уменьшении глубины сезонного протаивания и т. д. Для более полной характеристики гидросети необходимо обращать внимание на степень ее однородности, т. е. выдержанности по площади, так как нарушения однородности могут указывать на изменения геологического строения местности. Аномалии в строении гидросети указывают на тектонические нарушения, выходы подземных вод (узкие участки долин рек Адызва, Воркуга, Силовая-Яхта и др), которые обуславливают резкие отклонения от зональных закономерностей в распространении и развитии ММП.

Дешифрирование гидросети позволяет выявлять небольшие (10—20%

территории региона) участки коренных пород различной трещиноватости, залегающих с поверхности (гряда Чернышева, поднятие Чернова, гряда Пембой и др.). Эти участки типичны для возвышенного и средневысотного горного рельефа. Для них характерен другой тип рисунка гидросети (параллельный, решетчатый, перистый, смешанный и т. д.) и геокриологические условия, резко отличные от равнинных территорий. Гидрографическое дешифрирование позволяет получать информацию для оценки типов таликов под руслами рек и в зонах трещиноватых коренных пород и делать ориентировочные выводы об их размерах (сквозные или несквозные талики).

Сведения о геокриологической обстановке могут быть получены при дешифрировании озер различного генезиса, широко распространенных на рассматриваемой территории. Их количество, размер, форма, густота размещения, положение в рельефе дают возможность устанавливать тип и размер соответствующих им таликов, характер прерывистости толщи ММП по горизонтали и вертикали и пр.

Для целей дешифрирования озера подразделены на три группы.

1. Наиболее распространены термокарстовые озера и котловины. Они приурочены к пониженным участкам водораздельных и террасовых уровней, при небольших размерах размещены очень густо и в отдельных участках занимают до 40—45% территории. Эти данные позволяют дешифрировать степень прерывистости толщ ММП озерных участков и устанавливать тип и вид таликов под озерами и котловинами. Озерные участки, кроме того, указывают на присутствие наиболее льдистых суглинисто-глинистых отложений озерно-аллювиального генезиса. Для характеристики льдистости отложений здесь и далее используется шкала СНИП.

2. Незначительно распространены морские, ледниковые и эрозионно-тектонические озера. Они изредка встречаются на различных уровнях, имеют большие размеры. Индикационное значение этих озер состоит в том, что они указывают на незначительную прерывистость толщ ММП в районах их распространения и на преимущественное развитие сквозных таликов под ними.

3. Прибрежные небольшие морские лагуны, распространенные локально вдоль морского побережья. Они чрезвычайно густо залегают на низких террасовых уровнях. Очертания (рисунки) прибрежных лагун свидетельствуют о значительной прерывистости верхних горизонтов толщи ММП на низких морских террасах вследствие развития преимущественно несквозных подозерных таликов. Особенности условий залегания и распространения лагун, отраженных в общем рисунке, служат также индикаторами преимущественно песчаного состава террасовых отложений и насыщенности их охлажденными высокоминерализованными водами.

К числу наиболее информативных относятся геоботанические и геоморфологические индикаторы. Особенно велико значение первых. Растительность — это компонент ландшафта, который, с одной стороны, тесно связан с горными породами, а с другой — имеет четкое отображение на аэроснимках. Использование геоботанических методов дешифрирования для изучения природной среды достаточно хорошо отработано [Ландшафтная индикация..., 1976] и облегчает получение сведений о ММП. В качестве индикаторов геокриологической обстановки используются зональные типы растительности и типы растительных группировок или сообществ, дешифрирование которых дает большую информацию. Зональные типы растительности

Т а б л и ц а 1  
**Степень льдистости мерзлых отложений (шлака СНиП II—18—76)**

Градация	Песок	Суглинок, глина
Слабольшдистые	$G < 0,8$	$L_b < 0,2$
Льдистые	$0,8 < G < 1$	$0,2 \leq L_b \leq 0,4$
Сильнольдистые	$G > 1$	$L_b > 0,4$

отражают геокриологическую обстановку, выраженную в закономерном усилении суровости геокриологических условий с юга на север. В этом направлении заметные изменения происходят при смене одной ботанической зоны другой, при этом каждая из них характеризуется своими геокриологическими особенностями.

Территория региона расположена в пределах трех ботанических зон, имеющих примерно широтное простираие: лесной, лесотундровой и тундровой [Мильков, 1969]. Лесная зона (северная часть подзоны северной тайги) с елово-березовыми лесами и комплексом осоково-моховых болот и бугристых торфяников характеризуется редкоостровным и островным распространением ММП с температурой от 0 до  $-1^\circ\text{C}$ . Лесотундровая зона состоит из редколесий, редин и тундровых сообществ; среди последних большое место отводится комплексу осоково-моховых болот, бугристых и выпукло-бугристых торфяников. Эта зона характеризуется островным и массивно-островным распространением ММП с температурой от 0 до  $-2^\circ\text{C}$ . В пределах этих зон толща мерзлых отложений обладает двуслойным строением [Оберман, 1974; Суходольский, 1978]. Ее верхний слой имеет голоценовый возраст и мощность от 10—20 до 100 м. На глубине 50—100 м и более залегает слой реликтовых мерзлых толщ верхнеплейстоценового возраста. В тундровой зоне господствуют мохово-лишайниковые, травяно-кустарничковые и кустарничковые сообщества; пониженные участки рельефа заняты комплексом осоково-моховых болот и плоских торфяников. Тундровая зона по облику растительности делится на две части: южную — подзону кустарничковых тундр и северную — подзону мохово-лишайниковых тундр; подзона кустарничковых тундр характеризуется преимущественно прерывистым распространением ММП с температурой от 0 до  $-3^\circ\text{C}$ , а мохово-лишайниковая подзона — прерывистым и сплошным распространением ММП с температурой от  $-3$  до  $-5^\circ$ . В пределах этих подзон преимущественно распространена однослойная разновозрастная (верхнеплейстоцен-голоценовая) мерзлая толща мощностью до 300—500 м. Участки с однослойной и разновозрастной (голоценовой) мерзлой толщей имеют меньшее распространение; их мощность обычно не больше 200 м. Тесная взаимосвязь между типами растительности и особенностями геокриологических условий, выраженная на аэрофотоснимках, может быть использована для выделения и картирования зональных особенностей ММП.

При геокриологическом дешифрировании большое значение имеет дешифрирование растительных сообществ, имеющих на снимках обычно дифференцированное изображение. Эти индикаторы дают возможность получить конкретные сведения о геокриологических условиях — глубине залегания верхней поверхности ММП, таликах, мощности сезонно-талого и сезонно-мерзлого слоев (СТС и СМС), криогенных образованиях, об ориентиро-

вочном составе отложений, их льдистости и температуре. Эти данные более полно и точно считываются при дешифрировании геоморфологических индикаторов.

Значение растительных сообществ для индикации различно в разных ботанических зонах. В тундровой зоне сообщества менее физиономичны вследствие небольшой высоты, поэтому они подчеркивают скорее строение мезорельефа, и лишь местами имеют самостоятельное значение, как, например, кустарниковые группировки. В лесотундре и лесной зоне высота растительности увеличивается, соответственно возрастает и роль растительных сообществ как индикаторов. Они более физиономичны (индивидуализированы) и четко отображаются на снимках. Специфика региона состоит в том, что тундровые растительные ассоциации служат показателями мерзлых отложений, а лесотундровые и лесные индицируют талые породы. Кустарниковые сообщества сложны для дешифрирования: при высоте кустарника до 0,8 м они соответствуют мерзлым породам, при большей его высоте они будут указывать в любой зоне на талые грунты.

Наибольшее значение имеют геоморфологические индикаторы, использование которых основано на генетической общности осадконакопления и рельефообразования как двух сторон единого процесса, при этом О. П. Овчинников считает, что в условиях Европейского Северо-Востока определяющая роль в формировании геокриологической обстановки принадлежит литологическому составу отложений [Овчинников, 1967]. Геоморфологические индикаторы дают обширную информацию о геокриологических условиях (состав ММП, их криогенное строение, льдистость, температура, условия залегания, характер криогенных образований и т. д.). Весь комплекс геоморфологических индикаторов на рассматриваемой территории можно разделить на две группы, различные по размеру форм рельефа и индикационным значениям: 1) макроформы рельефа, к которым относятся геоморфологические уровни высоких рангов, расчлененные в различной степени, и 2) мезоформы рельефа, охватывающие образования более мелкого порядка — разновидности полигонального рельефа.

Рассматриваемая территория представляет собой часть геологической структуры Печорской низменности и расположена на севере Печорской синеклизы и Предурального краевого прогиба, между Тиманом и Уралом [Воллосович, 1970а]. Древний кристаллический фундамент залегает здесь на большой глубине и перекрыт мощной толщей песчано-глинистых пород мезозоя. Основные водораздельные пространства сложены рыхлыми кайнозойскими осадками, большая часть которых имеет четвертичный возраст [Воллосович, 1970б]. Начало формирования современного облика рельефа низменности относится к среднему плейстоцену. Образование каждого геоморфологического уровня связано с определенным этапом геологической истории региона и, следовательно, с определенным геолого-генетическим комплексом отложений [Зархидзе, 1966; Белкин и др., 1966]. Образование высоких уровней, занимающих основные водораздельные пространства, связано с этапами отступления обширной среднеплейстоценовой роговской трансгрессии и со среднеплейстоценовым оледенением, которое ограничилось небольшой полосой в Приуралье. Низкие уровни связаны с аккумуляцией речных, озерных и морских осадков.

Среди наиболее крупных выделяются шесть уровней, их краткая характеристика сводится к следующему.

1. Морской уровень — холмисто-грядовая равнина с абс. отм. до 200—300 м на водоразделах; интенсивно расчлененная.

2. Ледово-морской уровень — слабохолмистая равнина с абс. отм. до 100—200 м на водоразделах; среднерасчлененная.

3. Ледниковый уровень — холмисто-грядовая равнина с абс. отм. до 100—200 м и более на водоразделах, интенсивно расчлененная.

4. Озерно-аллювиально-морской уровень — плоская заозерная равнина с абс. отм. до 100 м, слабо расчлененная, заболоченная на пониженных участках водоразделов, высоких речных и морских террасах.

5. Аллювиальный уровень — плоская равнина с абс. отм. до 60 м на речных поймах и низких террасах, нерасчлененная или слабо расчлененная.

6. Морской уровень — плоская равнина с абс. отм. до 60 м на низких морских террасах; нерасчлененная или слабо расчлененная.

Геоморфологические индикаторы первой группы опознаются на аэроснимках достаточно надежно. При дешифрировании особое значение имеют такие факторы, как ширина и форма водораздельных и террасовых уровней, характер и степень их расчлененности речной сетью, озерность и т. д. Все это в совокупности с прямыми признаками определяет формирование каждого уровня характерного аэрофотоизображения (или рисунка), которое существенно облегчает их выделение и картирование. При инженерно-геокриологических исследованиях результаты геоморфологического дешифрирования интерпретируются для выделения геолого-генетических комплексов пород, их мощностей и возраста, особенностей литологического состава рыхлых отложений, трещиноватости коренных пород, которые определяют основные закономерности распространения, льдистости, и температуры мерзлых пород.

Для получения достаточно надежных выводов геоморфологическое дешифрирование сочетается с обязательным анализом и учетом зональных факторов формирования геокриологических условий. В тундровой зоне высоким водораздельным уровням соответствуют наиболее охлажденные и слабопрерывистые толщи ММП. В лесной зоне и лесотундре высокие уровни талые, а мерзлые породы распространены преимущественно на террасовых уровнях. В любых зональных условиях самыми льдистыми являются осадки озерно-аллювиально-морского уровня, сложенные наиболее дисперсными разностями. При прочих равных условиях они и наиболее охлаждены.

Дешифрирование геолого-генетических комплексов может дать информацию о генетических типах таликов<sup>1</sup> и характере криогенных образований. Например, в ледово-морских отложениях, помимо обычных гидрогенных, часто сквозных таликов, широко развиты несквозные, наиболее густо распространенные снежно-радиационные талики. Они обуславливают характерную особенность региона — крайнюю изменчивость и пестроту геокриологических условий в поверхностных горизонтах толщ ММП. Со среднеплейстоценовыми отложениями морского генезиса связано формирование другой разновидности радиационных таликов — инфильтрационных, которые обуславливают прерывистость толщ ММП на значительно большую глубину. Широко распространенные в регионе и наиболее физиономичные криогенные образования — повторно-жильные льды (ПЖЛ) и термокарстовые формы рельефа — связаны с отложениями озерно-аллювиально-морского уровня; процесс морозобойного растрескивания — с отложениями высоких водораз-

<sup>1</sup> Классификация таликов дана по С. Е. Суходольскому [1969].

дельных уровней. Некоторые геологические образования (грунтовые клинья, солифлюкционные формы), не имеющие внешних индикаторов, могут опознаваться по генетическому типу отложений, считываемому со снимков.

Дешифрирование форм макрорельефа (уровней) сочетается с изучением типов мезорельефа, с помощью которых считываются конкретные сведения о геокриологических условиях поверхностных горизонтов горных пород. На поверхностях основных геоморфологических уровней — водоразделов, высоких речных и морских террас — широко развит полигональный или блочный мезорельеф [Попов, 1962; Костяев, 1963]. Для индикационных целей блочный мезорельеф подразделяется на три вида: а) четкий; б) средней четкости и в) нечеткий. Полигональный мезорельеф преимущественно наложен на макрорельеф, т. е. вторичен. Однако при дешифрировании, на наш взгляд, анализ мезорельефа должен быть опережающим, поскольку его результаты используются для индикации морфоструктурного плана. По формам полигонального мезорельефа и их дешифровочным признакам можно индцировать основные литологические разности поверхностных отложений: торф, глинисто-суглинистые, супесчано-суглинистые, песчано-галечные, а следовательно, и их льдистость. В этом отношении большую помощь оказывает установленная для региона закономерная зависимость степени блочности мезорельефа от литологического состава отложений [Конищев и др., 1963]. В регионе развиты преимущественно слабольдистые отложения; льдистые и сильнольдистые отложения, имеющие подчиненное распространение и сопровождаемые ПЖЛ, хорошо опознаются на местности и характеризуются четким аэрофотоизображением.

Различные формы мезорельефа являются индикаторами условий залегания мерзлых пород, их льдистости, температуры и мощности СТС и СМС.

Специфичными формами мезорельефа обладают торфяники, строение которых изменяется в меридиональном направлении: в лесной зоне и лесотундре они бугристые и выпуклобугристые, а в тундре — плоские или плоскобугристые. Различное строение торфяников является показателем их различий в современной геокриологической обстановке и условий их промерзания в голоцене. Установление внешних индикаторов и характерных особенностей рисунков для опознавания разновидностей торфяников дает возможность уточнять важные геокриологические границы: южную границу распространения ПЖЛ, северную границу одновозрастных ММП верхнего слоя толщи и т. д.

## МЕТОДИКА ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКОГО ДЕШИФРИРОВАНИЯ

Косвенные признаки, или индикаторы, в пределах региона изменчивы в зональном и региональном плане, поэтому проведение геокриологического дешифрирования целесообразно начинать с ландшафтного районирования территории.

Ландшафт обладает сложной структурой, поэтому выделяются комплексы нескольких рангов, соподчиненные один относительно другого и различающиеся по сложности строения. Самый простой по строению комплекс, характеризующийся однородностью всех природных компонентов — это фацция. По мере усложнения строения ландшафтный комплекс переходит в ранг урочища, а затем — в ранг местности. Эти комплексы типизируются и классифицируются по некоторому набору признаков. При построении классифи-

Таблица 2  
**Принципы ландшафтного районирования территории  
 Европейского Северо-Востока**

Ландшафты различного таксономического ранга	Физиономические компоненты ландшафта, формирующие структуру изображения	Деципиентные компоненты ландшафта (объекты индикации, или индикаты)		Глубинность индикации
		геологические	геокриологические	
Местность	Комплексы типов мезорельефа в различных морфоструктурных условиях	Литолого-генетическая ассоциация четвертичных отложений	Основные черты криогенного строения и льдистости ММП, тип таликов и характер проявления криогенных образований и процессов	От десятков метров до первых сотен метров
Урочище	Морфогенетические типы мезорельефа и сочетания растительных группировок	Литологические комплексы поверхностных отложений	ММП и талые породы, залегающие на больших площадях, их льдистость и среднегодовая температура	Первые десятки метров
Фация	Мезо- и микроформы рельефа, растительные сообщества	Литологический состав	ММП, СТС или СМС и их основные характеристики	Единицы метров

Таблица 3  
**Схема ландшафтного районирования территории Европейского Северо-Востока**

Зональные признаки		Региональные признаки	
Ландшафтные зоны	Ландшафтные подзоны	Местности (уровни)	Урочища
Тайга	I — северная тайга	Б, В, Г, Д	Б <sub>1</sub> В <sub>1</sub> Д <sub>2</sub> Г <sub>4</sub> Г <sub>5</sub> В <sub>6</sub> Б <sub>6</sub> Г <sub>12</sub> В <sub>8</sub> Б <sub>8</sub> Б <sub>6</sub> Б <sub>7</sub> В <sub>6</sub> В <sub>7</sub>
Лесотундра	II — лесотундра	Б, В, Г, Д	Б <sub>1</sub> В <sub>1</sub> Б <sub>3</sub> В <sub>3</sub> Д <sub>2</sub> В <sub>6</sub> Б <sub>6</sub> В <sub>8</sub> Б <sub>8</sub> Г <sub>4</sub> Г <sub>5</sub> Г <sub>6</sub> В <sub>7</sub> Б <sub>7</sub> Г <sub>12</sub> В <sub>10</sub> Б <sub>10</sub>
	III — кустарниковая тундра	А, Б, В, Г, Д	А <sub>6</sub> Б <sub>6</sub> В <sub>6</sub> А <sub>7</sub> Б <sub>7</sub> В <sub>7</sub> А <sub>8</sub> Б <sub>8</sub> В <sub>8</sub> Б <sub>9</sub> В <sub>9</sub> А <sub>10</sub> Б <sub>10</sub> В <sub>10</sub> В <sub>11</sub> А <sub>13</sub> Г <sub>14</sub> Г <sub>15</sub> Г <sub>16</sub> Д <sub>17</sub>
Тундра	IV — мохово-лишайниковая тундра	А, Б, Г, Д, Е	А <sub>7</sub> Б <sub>7</sub> А <sub>8</sub> Б <sub>8</sub> Б <sub>9</sub> В <sub>10</sub> Г <sub>14</sub> Г <sub>15</sub> Г <sub>16</sub> Д <sub>17</sub> Б <sub>15</sub> А <sub>13</sub> А <sub>6</sub> Б <sub>6</sub> Е <sub>18</sub>

кации ландшафтов для инженерно-геокриологических целей предпочтение отдается признакам, которые отражают связь ландшафта с геологической основой. При классификации ландшафтов в условиях Европейского Северо-Востока в качестве ведущего признака следует использовать приуроченность ландшафта к определенному геолого-генетическому комплексу отложений, как определяющему основные особенности геокриологических условий. Эта классификация дополняется диагностическими признаками, т. е. признаками, легко поддающимися определению на местности и по рисунку аэрофотоизображения. К ним относятся в первую очередь рельеф и растительность (табл. 2).

Типизация и классификация ландшафтов создают основу для разработки единой методики инженерно-геокриологического дешифрирования, комплектования снимков-эталонов и для решения задач ближней и дальней экстраполяции. Поскольку сходство ландшафтов свидетельствует о том, что выделенные площади близки и по геокриологическим условиям, постольку классификацию ландшафтов можно также считать предварительной геокриологической классификацией.

Повторяемость в природе различных ландшафтных комплексов позволяет при исследованиях использовать экстраполяцию. Последняя заключается в перенесении инженерно-геокриологических данных, полученных при изучении одного комплекса, на другие, внешне с ним сходные (в том числе по рисунку аэроизображения) и генетически однородные комплексы, не подвергавшиеся непосредственному изучению. При экстраполяции ландшафтных комплексов следует учитывать, что их распространение подчиняется зональности, т. е. каждой природной зоне соответствуют свои ландшафты. Ниже приведена обзорная схема ландшафтного районирования территории Европейского Северо-Востока для целей геокриологического дешифрирования (табл. 3), основанная на особенностях зональной и региональной дифференцированности ландшафтных комплексов.

По данным широтно-зонального распределения типов растительности, в регионе выделены три ландшафтные зоны, соответствующие ботаническим зонам, а внутри их — четыре ландшафтные подзоны.

Подзоны разделяются на региональные ландшафтные единицы разных рангов с соответствующими им геокриологическими характеристиками. В основу выделения таксономических единиц первого ранга — местностей — положена литолого-генетическая принадлежность ассоциаций четвертичных отложений. Их внешний облик определяют комплексы типов мезорельефа и характер строения гидросети. Всего выделено шесть типов местностей: А, Б, В, Г, Д, Е, соответствующих шести геоморфологическим уровням.

А — холмисто-грядовые равнины с абс. отм. до 200—300 м, сложенные среднечетвертичными песчано-галечными морскими отложениями (водораздельный морской уровень), интенсивно расчлененные; редкие крупные озера.

Б — слабохолмистые равнины с абс. отм. до 100—200 м, сложенные среднечетвертичными супесчано-суглинистыми отложениями ледово-морского генезиса (водораздельный ледово-морской уровень), среднерасчлененные; редкие озера среднего размера.

В — холмисто-грядовые равнины с абс. отм. до 100—200 м, сложенные среднечетвертичными ледниковыми осадками, представленными валунными суглинками и песчано-галечным материалом с валунами (водораздельный ледниковый уровень), интенсивно расчлененные; редкие крупные озера.

Г — плоские заозеренные равнины с абс. отм. до 100 м, сложенные верхнеплейстоценово-голоценовыми морскими, аллювиально-морскими, озерно-аллювиальными и озерно-болотными глинисто-суглинистыми отложениями (террасовый озерно-аллювиально-морской уровень), слаборасчлененные заболоченные; много озер среднего и мелкого размера.

Д — плоские равнины с абс. отм. до 60 м, сложенные верхнечетвертично-голоценовыми галечно-песчано-суглинистыми аллювиальными отложениями (террасовый аллювиальный уровень), среднерасчлененные; редкие озера, часто удлинненной или подковообразной формы.

Е — плоские равнины с абс. отм. до 60 м, сложенные голоценовыми морскими песчаными отложениями (террасовый морской уровень), расчлененные густой сетью мелких ручьев и проток, изобилующие мелкими озерами-лагунами.

Местности подразделяются на урочища, встречаемые на различных геоморфологических уровнях. В основу выделения урочищ положена однородность литологических комплексов поверхностных отложений. Визуально на местности они различаются по характеру мезорельефа и набору растительных группировок.

Ниже приведены описания особенностей участков, характерных для наиболее распространенных в регионе типов урочищ.

1. Холмистый мезорельеф; моховые елово-березовые леса.
2. Плоский мезорельеф — речные поймы и низкие террасы; моховые елово-березовые леса.
3. Холмистый мезорельеф; лишайниковые редколесья и редины.
4. Плоский мезорельеф — низменные болота; осоково-травяно-кустарниковые ассоциации, значительная увлажненность поверхности.
5. Плоский мезорельеф — переходные болота; осоково-пушицево-моховые ассоциации, неравномерная увлажненность поверхности.
6. Плоско-волнистый мезорельеф; кустарники более 0,8 м и мохово-лишайниковый покров.
7. Плосковолнистый мезорельеф; кустарники высотой до 0,8 м и мохово-лишайниковый покров.
8. Плоско-выпуклый мезорельеф, низкорослая кустарничково-мохово-лишайниковая растительность и пятна минерального грунта.
9. Четко выраженный крупноблочный мезорельеф; низкорослая кустарничково-мохово-лишайниковая растительность с пятнами минерального грунта чередуется с кустарниковой растительностью высотой более 0,8 м с разнотравьем.
10. Средне — или нечетковыраженный крупноблочный мезорельеф; низкорослая кустарничково-мохово-лишайниковая растительность с пятнами минерального грунта чередуется с кустарниковой растительностью высотой более 0,8 м с разнотравьем.
11. Холмисто-озерный мезорельеф; наблюдается чередование озер, низкорослой кустарничково-мохово-лишайниковой растительности с пятнами минерального грунта и кустарниковой растительности высотой более 0,8 м с разнотравьем.
12. Выпукло-бугристый мезорельеф — бугристые торфяники; озера перемежаются с низкорослой кустарничково-мохово-лишайниковой растительностью, с осоково-пушицево-моховыми ассоциациями и с кустарниками.
13. Грядово-холмистый мезорельеф; низкорослая кустарничково-лишай-

никовая растительность с пятнами минерального грунта сменяется кустарниковой растительностью высотой до 0,8 м с разнотравьем и небольшим количеством озер.

14. Плоский и плоскобугристый мезорельеф — плоские торфяники с ПЖЛ; чередование озер, низкорослой кустарниково-мохово-лишайниковой растительности, осоково-моховых ассоциаций и кустарников.

15. Четко выраженный мелкоблочный мезорельеф; озера, низкорослая кустарниково-мохово-лишайниковая растительность, осоково-моховые ассоциации и кустарники сменяют одни других.

16. Крупные термокарстовые котловины с неравномерно увлажненной поверхностью и осоково-моховой растительностью.

17. Плоский мезорельеф — речные поймы и низкие террасы, занятые ивняками с луговым разнотравьем и осокой.

18. Плоский мезорельеф — низкие морские террасы; озера чередуются с разнотравьем и редкими ивняками.

При необходимости приведенный ряд ландшафтных таксонов может быть продолжен. Для крупномасштабного районирования небольших территорий могут выделяться самые мелкие, практически неделимые единицы районирования — фации, т. е. участки территории с одинаковой литологией, однообразными формами рельефа и растительной группировкой. Например, вершина холма или гряды с маломощным кустарничково-мохово-лишайниковым покровом и пятнами минерального грунта или крупное межблочное понижение с крупным кустарником и осоково-травяным напочвенным покровом.

В процессе дешифрирования в пределах зональных ландшафтных единиц выявляются геокриологические условия, свойственные типам местностей и урочищ. При среднемасштабном дешифрировании ММП, чаще всего применяемом для изысканий, основной ландшафтной единицей является урочище. В любой ландшафтной подзоне каждому типу урочища соответствует определенная мощность геокриологических условий и одинаковый рисунок отображения на аэрофотоснимках по всей территории подзоны. При проведении среднемасштабных исследований важно учитывать, что в разных подзонах одному и тому же урочищу могут соответствовать, несмотря на сходный рисунок, разные геокриологические условия, меняющиеся по зонам.

Крупномасштабное дешифрирование опирается на ландшафтную единицу — фацию, которая обладает однородным тоном отображения и однородными характеристиками ММП. Это дешифрирование применяется чаще всего как дополнение к среднемасштабному, но может иметь и самостоятельное значение.

При дешифрировании аэрофотоснимков в процессе мелкомасштабных исследований теоретического направления используются высокие единицы — типы местности, которые характеризуются закономерными наборами однотипных или разнотипных аэроизображений (рисунков), выдержанных на протяжении крупных частей одной или нескольких ландшафтных подзон.

Таким типам местности соответствуют участки территорий с общими чертами строения и льдистости ММП, обусловленными региональными факторами их формирования.

## АЭРОВИЗУАЛЬНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ ПРИ ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Аэровизуальные наблюдения по сравнению с дешифрированием аэрофотоснимков имеют ряд преимуществ. Распознавание индикаторов ММП и криогенных процессов значительно облегчается непосредственным обследованием ландшафта в его естественном виде со всем богатством цветовых оттенков; широкий диапазон наблюдений над местностью может быть легко достигнут изменением высоты и скорости полета. В каждом отдельном случае можно проводить изучение местности в различных ракурсах и масштабах, наиболее выгодных для исследований. Масштаб аэровизуальных наблюдений, как правило, крупнее масштаба обычно применяемых аэрофотоснимков. С воздуха легко могут быть опознаны объекты небольшого размера (даже в несколько квадратных метров), если они резко контрастируют по цвету и яркости с окружающим фоном. В тундровой зоне, например, с малых высот (50—100 м) отчетливо просматриваются отдельные крупные валуны, пятна минерального грунта, бугры пучения, сеть морозобойных трещин и канав в торфяниках, карстовые воронки, мелкие формы термокарста (блюдца, озерки). В таежной и лесотундровой зонах можно опознать видовой состав деревьев и кустарников, установить детали строения рельефа на участках, покрытых лесной растительностью.

В характерных для региона равнинных условиях аэровизуальные наблюдения проводятся в ясную солнечную погоду в ранние утренние часы, поскольку тени в это время подчеркивают детали объектов. В тундровых районах наиболее благоприятный сезон — это вегетационный период (июль—август), когда типы тундр опознаются наиболее уверенно.

Аэровизуальные наблюдения имеют также существенные недостатки; из них к главным относятся ограниченность времени наблюдений, трудность ориентировки в пространстве, сложность фиксации и привязки наблюдаемых объектов. Поэтому значение аэровизуальных наблюдений не следует переоценивать — это дополнительный метод в комплексе инженерно-геокриологических исследований.

Аэровизуальные наблюдения можно проводить на разных этапах исследований: 1) в начальной стадии работ (до камерального дешифрирования) с целью общего ознакомления с геокриологическими условиями района работ. Облет территории дает информацию о геокриологической дешифрируемости района, о наиболее типичных индикаторах мерзлых пород, таликов, криогенных образований и криогенных процессов. Кроме того, рекогносцировочные обследования позволяют получить сведения о проходимости местности, наличии и состоянии дорог и троп, местах возможных посадок вертолетов; 2) после завершения предполевого камерального дешифрирования аэроснимков с целью дополнения и контроля составленных предварительных ландшафтных и геокриологических карт. В этот период работы аэровизуаль-

ные наблюдения позволяют уточнить схему дальнейших наземных исследований: направление опорных маршрутов, количество и положение ключевых участков и пр.; 3) после завершения полевых работ с целью контроля окончательных карт и других материалов (уточнения границ, разрешения спорных вопросов и пр.).

Процесс аэровизуальных наблюдений складывается из подготовительных работ, собственно аэровизуальных наблюдений и камеральной обработки материалов. В подготовительный период необходимо четко сформулировать задачи и составить план аэровизуальных наблюдений, определить состав исполнителей, выбрать подходящий тип самолета или вертолета. Перед полетом следует подобрать необходимые топографические карты, предварительно составленные ландшафтные, геоморфологические, геокриологические и др. карты, заранее отдешифрованные аэроснимки или репродукции. Надо выделить участки, требующие детальных исследований, по намеченным маршрутам дать ориентиры с нумерацией и т. п.

Аэровизуальные наблюдения проводятся на малогабаритных вертолетах. Сеть аэровизуальных маршрутов проектируется с таким расчетом, чтобы можно было осмотреть наиболее характерные участки. Большого внимания требуют участки, не получившие однозначной интерпретации при камеральном дешифрировании аэроснимков. При разбивке маршрутов следует придерживаться рекомендаций, выработанных во ВСЕГИНГЕО [Методическое руководство, 1978].

3942  
Работу наблюдателей во время облета следует организовать так, чтобы все используемые средства и материалы находились под рукой. Оптимальный состав бригады должен включать двух специалистов и одного фотографа.

Во время полета следует выявлять ландшафтные индикаторы мерзлых пород, сличать содержание предварительно отдешифрованных контуров с действительными объектами на местности, уточнять границы различных контуров и места заложения ключевых участков, осуществлять привязку точек наблюдений.

Облеты позволяют установить дешифровочные признаки, или ландшафтные индикаторы, геокриологических условий — особенности геоморфологического строения, характер гидросети, закономерности распределения основных типов ландшафтных комплексов и растительности, т. е. зафиксировать данные, с которых считается информация о мерзлых породах.

К таким индикаторам относятся:

1. Особенности рельефа, в частности степень и характер расчленения, распределение по площади форм рельефа или мезорельефа дают возможность устанавливать степень прерывистости толщи мерзлых пород, их состав, льдистость, степень охлажденности.

2. Литологический состав отложений, который устанавливается в естественных обнажениях и различных выемках, а также формы рельефа и мезорельефа позволяют считать сведения о криогенном строении и льдистости мерзлых пород и о характере погребенных, повторножильных или пластовых подземных льдов, сопутствующих этим породам.

3. Характер строения речных долин, густота размещения и величина озер дают представление о степени прерывистости толщи мерзлых пород, о типах и видах таликов и т. д.

4. Особенности распределения, состава, высоты, сомкнутости древостоя,

подлеска и кустарников, господствующих видов травяно-кустарничкового яруса и мохово-лишайникового покрова позволяют опознать характер распространения мерзлых и талых пород, слоев сезонного промерзания-протаивания, условий залегания верхней поверхности мерзлых пород, их температуры.

При аэровизуальных наблюдениях хорошо просматриваются геологические образования — оползневые смещения по склонам долин и оврагов, солифлюкционные образования, которые почти не дешифрируются по снимкам. Также можно устанавливать степень проявления криогенных процессов — морозобойного растрескивания, пятен минерального грунта, пучения, термокарста, образования наледей, новообразования мерзлых пород и т. д.

Получаемая в процессе облетов информация позволяет выделять в пределах исследуемой территории участки с различной сложностью геокриологических условий, с преобладающим типом распространения мерзлых пород (сплошным, несплошным, островным и т. д.), оконтуривать массивы с наиболее льдистыми или «холодными» отложениями, устанавливать преобладающий тип криогенного процесса и степень хозяйственного освоения.

## ДЕШИФРИРОВАНИЕ ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ

Дешифрирование геокриологических условий (характеристик) производится с помощью аэрофотоснимков преимущественно среднего съемочного масштаба, обеспечивающих необходимую и достаточную информацию для производства инженерных изысканий. На основании этого дешифрирования составляются геокриологические карты и схемы различного содержания и назначения для относительно крупных территорий (от нескольких десятков до нескольких сотен квадратных километров). Если съемкой этого масштаба охвачена значительная территория, тогда использование снимков может быть полноценным и особенно эффективным, так как оно позволит выявить неизменность признаков опознавания однотипных объектов на всей площади.

Геокриологическая информативность аэрофотоснимков тесно связана с природной обстановкой территории аэросъемки (ее широтным положением, рельефом, геологическим строением, растительностью и пр.) и носит всегда региональный характер. Поэтому выявление унифицированных дешифровочных признаков для распознавания геокриологических объектов целесообразнее производить на основе предложенных выше методических разработок. Они позволяют учитывать специфику рассматриваемой территории и степень дешифрируемости различных ее частей. В соответствии с разработками следует придерживаться зонально-регионального подхода при описании дешифровочных признаков и индикаторов для расшифровки геокриологических условий (основных характеристик ММП, таликов, СТС—СМС): с юга на север по ландшафтным подзонам, а внутри них — по типам урочищ.

### I ЛАНДШАФТНАЯ ПОДЗОНА

Основные геоморфологические уровни в I подзоне — ледово-морской и ледниковый на водоразделах и аллювиальный на террасах — заняты лесными типами урочищ Б<sub>1</sub>, В<sub>1</sub>, Д<sub>2</sub>.

Лесные урочища надежно опознаются на аэроснимках по серым и темно-серым тонам с черными штрихами. При дешифрировании необходимо разграничивать сомкнутые и редкостойные леса, так как СМС залегает под ними на разной глубине. Наибольшей глубиной промерзания отличаются участки, занятые сомкнутыми моховыми елово-березовыми лесами (темные тона отображения и большая густота штрихов), где возможны также перелетки и небольшие островки ММП (рис. 1, 1, 2)<sup>1</sup>. Перелетки развиты на участках с повышенной мощностью мохового покрова по окраинам лесных массивов, а острова ММП — на заболоченных оторфованных участках среди леса. При дешифрировании на это обстоятельство следует обращать особое вни-

<sup>1</sup> В подборе иллюстраций к этому разделу принимал участие О. П. Овчинников.

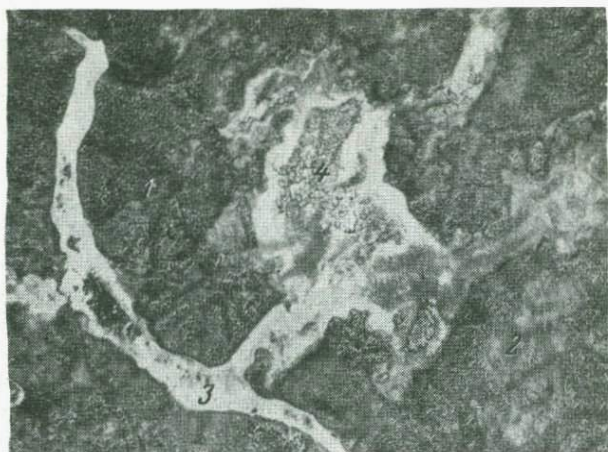


Рис. 1 Участок водораздела в I ландшафтной подзоне

1— тальные породы на участке сомкнутого елово-березового леса, СМС —1,0—1,5 м; 2— тальные породы на участке редкостойного елово-березового леса, СМС —0,4—0,8 м; 3— тальные породы на участке осоково-травяно-кустарниковой растительности (низинные болота), СМС —0,6—1,0 м; 4— тальные породы с небольшими островками пучения и новообразований ММП в пределах переходных болот (осоково-пушицево-моховых), СМС —0,4—1,2 м; участки пучения и новообразований льдистые, температура пород около 0°С; СТС —0,6—1,0 м

мание, так как при освоении участков формирование ММП может стать более интенсивным. Перелетки не вычитываются даже с крупномасштабных снимков, поэтому для их распознавания привлекаются косвенные признаки дешифрирования.

Урочища с тундровой растительностью занимают подчиненное положение в подзоне, но в большинстве из них отмечаются ММП. Несмотря на незначительное распространение в подзоне ММП, их дешифрирование и выявление имеет большое значение вследствие преобладания мерзлых отложений с сильной льдистостью и большой осадкой при оттаивании. Тундровые урочища по аэрофотоизображению четко разграничиваются с лесными, в которых ММП отсутствуют полностью. Поэтому геокриологические условия, соответствующие им, дешифрируются достаточно уверенно.

Самые большие площади тундровые урочища занимают в пределах озерно-аллювиально-морского уровня; это урочища Г<sub>4</sub>, Г<sub>5</sub>, Г<sub>12</sub>. Преобладающий тип ММП распространен в урочищах Г<sub>12</sub>— бугристых торфяниках, представляющих собой сочетание выпуклых торфяных бугров или плоско-выпуклых торфяных массивов и разделяющих их понижений, западин и озер. Бугры чередуются с понижениями через каждые 10—50 м. Торфяные бугры и массивы покрыты низкорослой кустарничковой растительностью и мохово-лишайниковым слоем, а понижения обводнены или заняты кустарничковой и осоково-моховой растительностью. ММП, залегающие в торфяниках, представлены льдистыми и сильнольдистыми торфяно-суглинистыми отложениями с температурой до —1,0° С. К разделяющим торфяные массивы понижениям, западинам и озерам приурочены талики. На различных участках соотношение ММП и тальных пород может варьировать и ММП могут слагать более 50% общей площади, от 10 до 50 или менее 10% от нее.

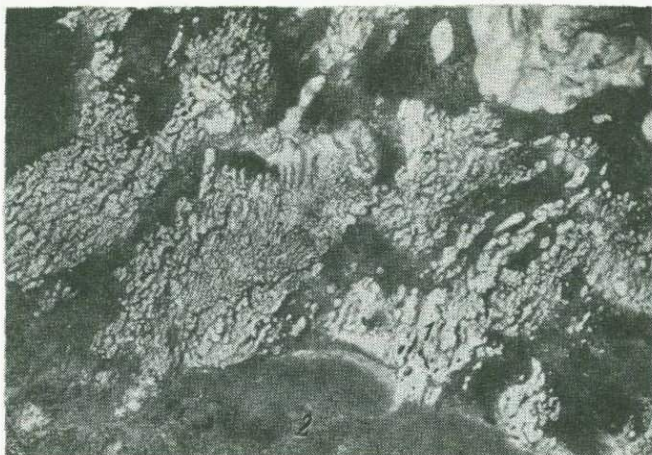


Рис. 2. Участок водораздела в I ландшафтной подзоне

1— чередование ММП и таликов на участках бугристых торфяников; ММП торфяно-суглинистого состава, льдистые и сильнольдистые с температурой до  $-1^{\circ}\text{C}$ , СТС—0,4—1,0 м; 2— талые породы на участках сомкнутых и редкостойных елово-березовых лесов, СМС—0,6—1,5 м



Рис. 3. Участок водораздела в I ландшафтной подзоне

1— талые породы на участках сомкнутого елово-березового леса, СМС—1,0—1,5 м; 2— острова слабльдистых ММП на выпуклых безлесных участках междуречий, температура пород около  $0^{\circ}\text{C}$ , СТС—1,0—1,5 м

Тип урочища, соответствующий бугристым торфяникам, характеризуется на аэрофотографии пестротой изображения (рис. 2). Мелкие пятна светлосерого и белесоватого цвета (сухие поверхности с кустарничками, мхами и лишайниками) перемежаются с серыми пятнами (кустарниково-моховыми поверхностями), темно-серыми пятнами и полосами (увлажненными

поверхностями с осоково-моховыми ассоциациями и кустарниками) и черными пятнами (озерами). Если понижение занято одной осокой, то его изображение на аэрофотографии получается светлее изображения поверхности торфяного бугра. Детали криогенного строения выражены оттенками цвета, величиной пятен, их взаиморасположением и т. д. Изображение с большим количеством четко очерченных, часто сомкнутых, белесоватых пятен соответствует широкому распространению ММП, меньшее количество светлых пятен, разделенных полосами и пятнами темного цвета, указывает на их островное распространение. Раздельное дешифрирование ММП и талых участков затруднено даже по крупномасштабным аэроснимкам.

Торфяные бугры встречаются изолированно один от другого или образуют небольшие группы среди заболоченных и закустаренных участков, сложенных тальными породами. Этим буграм соответствуют изолированные островки льдистых ММП небольшой мощности (не более 10—20 м) с более высокой температурой. Низкорослая кустарничковая растительность с мхами и лишайниками, растущая на поверхности бугров, отображается в виде четких светлых пятен на мутно-сером, иногда белесоватом фоне талых участков. Сильно замшелые участки с крупным кустарником и единичными чахлыми деревьями в сравнении с заболоченными выглядят более темными.

Урочищам Г<sub>5</sub> соответствуют преимущественно талые породы, для которых характерна крайне невыдержанная мощность СМС, сменяющаяся на коротких расстояниях. Среди них встречаются в небольшом количестве мелкие участки новообразований ММП (до нескольких метров в поперечнике) — промерзшие и вспученные участки осоково-моховых болот. Им соответствуют ММП «сливающегося» типа, льдистые, с нулевой температурой. На аэроснимке среди белесовато-мутного фона талого болота (см. рис. 1, 4) они образуют скопления мелких, хорошо очерченных пятнышек светлого цвета. Различия между изображениями талых и мерзлых участков болот объясняются их неравномерной увлажненностью: сухие мерзлые участки приподняты, а талые — заболочены. Если мерзлые участки уже заросли кустарничками и невысокими кустарниками, то их изображения будут темнее и мало будут отличаться от заболоченных. Такие мерзлые участки будут труднее дешифрироваться.

В урочищах Г<sub>4</sub> распространены талые породы. Эти урочища изображаются однородной серой или белесоватой окраской. Мочажинам с водой соответствует тонкая извилистая неоднородная сеть темно-серого или черного цвета (см. рис. 1, 3).

На ледово-морском и ледниковом уровнях тундровые урочища имеют ограниченное распространение и представлены кустарничковыми и кустарниковыми типами. ММП встречается только в урочищах Б<sub>8</sub>, В<sub>8</sub> в виде мелких изолированных островов небольшой мощности, сложенных слабольшедистыми отложениями с нулевой температурой. Такие острова приурочены к наветренным крутым склонам небольших рек и ручьев и выпуклым участкам междуречий. Поверхность их занята несплошным покровом низкорослых кустарничков, мхов и лишайников, которые образуют на снимках четко выраженные светлые пятна (рис. 3, 2) среди лесных массивов темного тона (рис. 3, 1).

Кустарниковым урочищам (Б<sub>6</sub>, Б<sub>7</sub>, В<sub>6</sub>, В<sub>7</sub>) соответствуют талые породы. Здесь можно обнаружить перелетки, которые формируются на участках

весьма мощного мха. Такие участки окрашены в однородные серые и мутносерые тона, среди них видны единичные черные штрихи (деревья).

В условиях I ландшафтной подзоны горные породы характеризуются крайне неустойчивым тепловым состоянием. Вследствие этого даже незначительное изменение условий теплообмена естественным путем или нарушение их при освоении территории повлечет за собой коренные изменения геокриологической обстановки (протаивание или вновь образование ММП). Такие изменения могут произойти в течение нескольких лет, поэтому при дешифрировании необходимо обращать внимание на дату аэрофотосъемки.

## II ЛАНДШАФТНАЯ ПОДЗОНА

В этой подзоне лесные урочища имеют еще достаточно широкое распространение и сосредоточены на основных геоморфологических уровнях — ледово-морском, ледниковом и аллювиальном. Кроме лесных урочищ (Б<sub>1</sub>, В<sub>1</sub>, Д<sub>2</sub>), на высоких уровнях также распространены лишайниковые редколесья и редины (Б<sub>3</sub>, В<sub>3</sub>). Как и лесным урочищам, им соответствуют талые



Рис. 4. Участок водораздела во II ландшафтной подзоне

1— талые породы на участках сомкнутого елово-березового леса, СМС—1,0—1,5 м; 2— талые породы на участках редкостойного елово-березового леса, СМС—0,4—0,8 м; 3— талые породы на участках елово-березовых редколесий и редины, СМС—0,6—1,2 м; 4— острова ММП на склонах долин ручьев, ММП слабольдистые с температурой 0°С, СТС—1,0—1,5 м; 5— чередование ММП и таликов на участке нечеткого блочного мезорельефа; ММП—слабольдистые, температура пород до -1,0°С; СТС—1,5—2,0 м; 6— чередование ММП и таликов на участке бугристого торфяника, отложения льдистые и сильнольдистые, температура их до -1,5°С и ниже, СТС—0,4—1,0 м

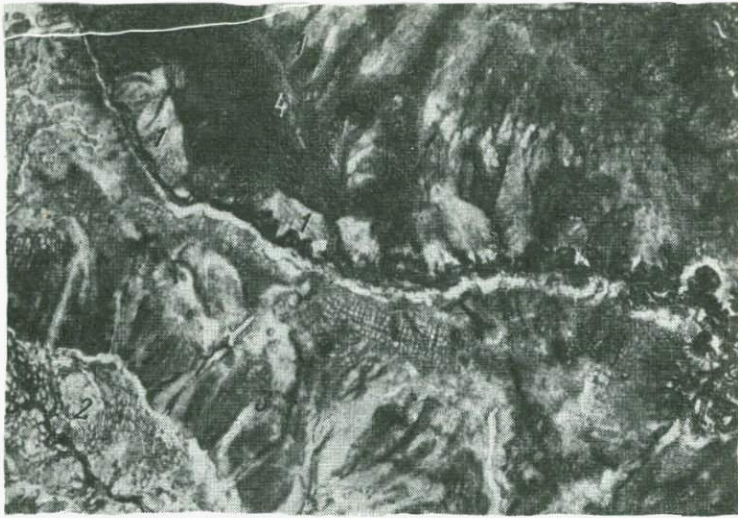


Рис. 5. Участок водораздела в I ландшафтной подзоне

1— изолированные острова ММП на наветренных склонах долин ручьев и выпуклых участков водораздела; отложения слабльдистые с температурой около  $0^{\circ}\text{C}$ ; СТС  $-1,0$ — $-1,5$  м; 2— прерывистое распространение ММП на участке бугристого торфяника; отложения льдистые и сильнольдистые, температура  $-1,0$ ;  $-1,5^{\circ}\text{C}$ , СТС  $-0,4$ — $-1,0$  м; 3— чередование ММП и сквозных таликов на пологонаклонном участке водораздела с чередованием кустарничков и кустарников; ММП слабльдистые, температура пород около  $-0,5^{\circ}\text{C}$ ; 4— сквозные талики на участках с сомкнутыми и редкостойными елово-березовыми лесами; СМС  $-0,4$ — $-1,5$  м

породы. На снимках они имеют светло-серую или серую окраску. Редкие черные штрихи среди талых пород — это фотографии деревьев (рис. 4, 1, 2, 3).

ММП приурочены только к безлесным урочищам, фотоизображение которых четко отграничено от участков лесных урочищ; такие ММП удобно дешифрируются. Урочища с тундровым покровом встречаются в виде небольших участков на высоких (ледово-морском, ледниковом) уровнях, кроме аллювиального уровня. Тундровые урочища наиболее широко распространены на озерно-аллювиально-морском уровне, они представлены типами  $\Gamma_4$ ,  $\Gamma_5$ ,  $\Gamma_6$ ,  $\Gamma_{12}$ . Как и в I подзоне, ММП развиты преимущественно в урочищах  $\Gamma_{12}$  среди бугристых торфяников, площадь которых местами составляет до 30—40% территории подзоны.

Аэроснимки бугристых торфяников, соответствующих этим урочищам, сходны в I и II подзонах, но соответствующие им геокриологические условия неодинаковы. Во II подзоне массивы бугристых торфяников имеют большие размеры, более широкое распространение и более низкую температуру ММП, чем в I подзоне. Кроме того, здесь в понижениях и западинах, разделяющих торфяные бугры, наряду с таликами отмечается заглубленное положение верхней поверхности ММП.

Урочища  $\Gamma_4$ ,  $\Gamma_5$ ,  $\Gamma_6$  изображаются на аэрофотографии так же, как в I подзоне. Типам  $\Gamma_4$  и  $\Gamma_6$  здесь соответствуют талые породы с перелетками, а типу 5 — повсеместно распространенные участки вновь образованных ММП до 100 м и более в поперечнике, мощностью обычно до 5 м. Фотографии этих

участков, как и в I подзоне, отличаются сложностью, и для их дешифрирования необходим опыт (рис. 5).

Тундровые типы урочищ на других геоморфологических уровнях характеризуются крайне ограниченным распространением ММП. Они встречаются в урочищах Б<sub>8</sub>, В<sub>8</sub> в виде массивов (с поперечником от несколько десятков до сотен метров), приуроченных к наветренным крутым склонам долин и выпуклым участкам водоразделов. В урочищах Б<sub>6</sub>, В<sub>6</sub>, Б<sub>7</sub>, В<sub>7</sub> мерзлые отложения отсутствуют.

На северной окраине подзоны в пределах высоких уровней довольно широко распространены тундровые урочища полигонального строения (Б<sub>10</sub>, В<sub>10</sub>). Они представляют собой сочетание бугров-блоков и разделяющих их понижений и полос стока. Относительные превышения бугров над понижениями невелики и составляют 1,5—2,0 м. На таких участках развиты прерывисто залегающие ММП, которые обладают слабой льдистостью и температурой, как правило, не ниже —1°. Эти участки опознаются и выделяются на съемках по нечетко выраженному крупночистому строению, которое зависит от дифференциации растительного покрова на блоках и понижениях (см. рис. 4, 5). Более подробно об этих урочищах будет сказано в следующем разделе при характеристике III подзоны, где они распространены повсеместно.

### III ЛАНДШАФТНАЯ ПОДЗОНА

Дешифрирование ММП этой подзоны более трудно и сложно, чем в южных подзонах. Здесь на всех геоморфологических уровнях господствуют тундровые урочища, при этом каждому урочищу соответствует своя геокриологическая обстановка. Такие урочища, как правило, четко видны на аэрофотографиях и дешифрируются достаточно надежно. На высоких геоморфологических уровнях нередко встречаются урочища с нечетким изображением, и соответствующие им ММП дешифрируются менее уверенно.

Отличительные черты ММП подзоны — частая изменчивость геокриологических условий на коротких расстояниях и значительное распространение льдистых и сильнольдистых пород с ПЖЛ. Эти особенности усложняют процесс дешифрирования. Кроме того, большого внимания требует дешифрирование широко распространенных несквозных таликов различных видов. Особенно тщательно следует расшифровывать наиболее распространенные снежно-радиационные талики, с которыми связана крайняя пестрота геокриологических условий в поверхностном горизонте горных пород.

Наиболее четкое изображение имеют урочища, распространенные в пределах ледово-морского и озерно-аллювиально-морского уровней.

Ледово-морской уровень занимает большие водораздельные супесчано-водораздельные пространства (урочища Б<sub>6</sub>, Б<sub>7</sub>, Б<sub>8</sub>, Б<sub>9</sub>, Б<sub>10</sub>), сложенные супесчано-суглинистыми отложениями. Среди урочищ преобладают Б<sub>9</sub> и Б<sub>10</sub>, которые характеризуются полигональным мезорельефом — сочетанием блоков или бугров и разделяющих их межблочных понижений. Различная степень выраженности мезорельефа определяется превышением блоков над межблочьями, их соотношением в плане, формой и размерами блоков и понижений и т. д. Четкий полигональный мезорельеф (Б<sub>9</sub>) характеризуется большими превышениями блоков над понижениями (2—4 м) и резко диф-

ференцированным растительным покровом на различных элементах этого рельефа. Подобные участки отчетливо отображаются на снимках, а соответствующие им геокриологические объекты успешно дешифрируются.

Мерзлые блоки имеют округлую или овальную форму, их размеры достигают 100—150 м в поперечнике, а размеры окружающих их межблочьев — 30—60 м и более. Поверхность блоков занята низкорослым кустарничково-мохово-лишайниковым покровом с пятнами минерального грунта, которым на снимках соответствуют хорошо очерченные пятна светло-серого цвета. В небольших понижениях залегают снежно-радиационные несквозные талики мощностью, как правило, 10—15 м, в более крупных — отмечаются и сквозные талики. Понижения, занятые крупным кустарником с разнотравьем и осокой в напочвенном покрове, дешифрируются по рельефу и темному тону отображения: на снимках им отвечают полосы темно-серого цвета, часто с мелкими белесоватыми пятнами.

Четко выраженная крупноячеистая структура изображения (рис. 6), свойственная этому типу урочища, дает возможность быстро и уверенно дешифрировать соответствующие им геокриологические характеристики, несмотря на их крайнюю изменчивость и пестроту. Снимку четкого полигонально-блочного мезорельефа соответствует частое чередование на поверхности многолетнемерзлых и талых пород — через каждые 100—200 м, а иногда через 10—15 м. Изображение мезорельефа выражено настолько отчетливо, что по нему можно не только судить о соотношении ММП и талых пород, но и подсчитывать площади их распространения. По изображению (рисунок) можно также с достаточной долей вероятности определять состав и льдистость ММП. Четко выраженному полигонально-блочному мезорельефу соответствуют обычно тонкодисперсные льдистые отложения (глины, суглинки, супеси) с температурой до  $-2^{\circ}\text{C}$  и ниже.

Урочищем Б<sub>10</sub> соответствует средне- или нечетко выраженный блочный мезорельеф с узкими полосами стока и более крупными приподнятыми блоками, разница в отметках между ними составляет 1,5—2,0 м и менее. Нередко эти формы рельефа прослеживаются лишь по характеру растительности. Мерзлые отложения, залегающие на таких участках, характеризуются прерывистым распространением, грубым составом, слабой льдистостью и широким развитием преимущественно несквозных снежно-радиационных таликов. Подобные участки дешифрируются менее успешно, так как их аэрофотографии имеют нечеткий характер (рис. 7).

Трудно поддаются дешифрированию незначительно распространенные участки, занятые урочищами Б<sub>6</sub>, Б<sub>7</sub>, Б<sub>8</sub> с невыраженным мезорельефом. Их мерзлые и талые отложения индицируются в основном высотой кустарничковой и кустарниковой растительности, и хотя высота этих объектов съемки разная, снимки их близки по тону.

Урочищам с низкорослым и несомкнутым кустарничково-мохово-лишайниковым покровом (до 0,5 м) соответствуют мерзлые породы, «сливающиеся» с сезонным слоем (рис. 8). Кустарниковые урочища при относительно сходном аэроотображении характеризуются различными геокриологическими условиями. Высота кустарника от 0,5 до 0,8 м может индицировать талые и мерзлые породы, а также «несливающиеся» ММП. Участки с крупным кустарником высотой более 0,8 м сопровождаются талыми отложениями (рис. 9). Наиболее крупные кустарники приурочены обычно к пониженным элементам рельефа и т. д. При дешифрировании таких участков



Рис. 6. Участок водораздела в III ландшафтной подзоне (часто прерывистое распространение ММП на участке четко выраженного блочного мезорельефа, сложенного супесчано-суглинистыми отложениями)

1— ММП в блоках льдистые, температура пород от  $-1$  до  $-2^{\circ}\text{C}$ , СТС  $-1,3-1,5$  м; 2— несквозные талики в пределах межблочных понижений, СМС  $-1,3-1,7$  м; 3— сквозной талик под озером



Рис. 7. Участок водораздела в III ландшафтной подзоне (часто прерывистое распространение ММП на участке нечеткого мезорельефа, сложенного песчано-суглинистыми отложениями)

1— ММП в блоках слабльдистые, температура пород не ниже  $-1^{\circ}\text{C}$ , СТС  $-1,5-2,0$  м; 2— несквозные талики на ровных участках водораздела с кустарником высотой более  $0,8$  м, СМС  $-1,5-1,8$  м; 3— несквозные талики в межблочных понижениях, полосах стока и слабо выраженных блоках, СМС  $-1,5-1,8$  м

необходимо особенно тщательно устанавливать элементы рельефа, являющиеся дополнительными дешифровочными признаками.

Озерно-аллювиально-морской уровень занимает обширные пониженные террасовые пространства, сложенные торфяно-глинисто-суглинистыми отложениями. В его пределах распространены урочища Г<sub>6</sub>, Г<sub>7</sub>, Г<sub>8</sub>, Г<sub>14</sub>, Г<sub>15</sub>, Г<sub>16</sub>.

Чаще всего встречаются урочища Г<sub>14</sub>, занятые плоскими и плоскобугристыми торфяниками. По своему строению, а следовательно, и по характеру отображения они значительно отличаются от бугристых торфяников южных подзон. Здесь торфяные поля имеют большие размеры и плоскую поверхность, расчлененную на мелкие полигоны-многоугольники узкими или канавообразными понижениями, которые, пересекаясь, образуют в плане полигональную сеть. На этих полях залегают низкотемпературные льдистые и сильнольдистые ММП с ПЖЛ. Торфяные поля разделяются небольшими понижениями с осоково-моховой растительностью и кустарниками и с несквозными снежно-радиационными таликами мощностью 10—20 м и более.

На аэрофотографиях плоские торфяники имеют четкие рисунки и дешифрируются по снимкам уверенно. Для торфяных полей характерна серая окраска, на фоне которой наблюдаются тонкие, пересекающиеся полосы темно-серого или черного цвета, образующие мелкополигональный рисунок; полосы отображают «канавы» (канавообразные понижения), в которых под слоем протаивания или немного глубже залегают ПЖЛ. Эти «канавы» дешифрируются по своему рельефу и темно-серому цвету отображения; белесоватые пятна среди них — это участки, поросшие осокой (рис. 10). На пространствах, покрытых плоскими торфяниками, широко распространены термокарстовые озера различной величины, глубиной обычно не более 2—3 м, под которыми залегают подозерные талики.

На торфяных полях встречаются урочища Г<sub>16</sub> — промерзающие котловины спущенных термокарстовых озер, которые на снимках отчетливо выделяются по увлажненной поверхности с осоково-моховой растительностью. Для них характерна относительная глубина около 2 м и плоские днища с небольшими возвышениями. Внутри них залегают сквозные или несквозные талики; разнородность талика зависит от размера его поперечника. Промерзшие участки днищ или новообразования ММП распространены в виде разобценных небольших островков, приуроченных к возвышениям. Они сложены льдистыми оторфованными суглинистыми отложениями и не всегда достаточно четко отграничены от талых пород. Основной тон отображения котловин светло-серый, на его фоне темные (сильно увлажненные места) или черные (мелкие озерки) пятна чередуются с белесоватыми пятнами и вкраплениями (осокой и пушицей). Новообразования ММП приурочены к менее увлажненным или осушенным участкам с иным растительным покровом: осока отсутствует, а среди мхов преобладают более сухолюбивые виды. Эти участки отображаются довольно четкими пятнышками белесоватого или светло-серого цвета, а местами, где поселились кустарнички и мелкие кустарники, — темно-серым тоном (рис. 11).

Участки новообразований ММП, имеющие в основании 10 м и более, выявляются по снимкам масштаба не мельче 1:5 000. Крупные формы размерами более 20 м опознаются на снимках масштабом до 1:15 000, но значительно труднее и при обязательном применении приборов, создающих стереоэффект.

На рассматриваемом уровне также значительно распространены урочища



Рис. 8. Участок водораздела в III ландшафтной подзоне

1— ММП в пределах крупных возвышений с низкорослой кустарничковой растительностью и пятнами минерального грунта; ММП слабодыстые, с температурой до  $-1,5^{\circ}\text{C}$ , СТС  $-1,5-2,0$  м; 2— сквозной талик в долине ручья, СМС  $-0,6-0,8$  м; 3— несквозные талики в полосах стока, СМС  $-0,8-1,2$  м



Рис. 9. Участок водораздела в III ландшафтной подзоне

1— несквозной талик на плоском участке с невыраженным мезорельефом и густым крупным кустарником; СМС  $-1,2-1,8$  м; 2— чередование ММП и несквозных таликов на участке четко выраженного блочного мезорельефа; отложения слабодыстые, температура их  $-1,5^{\circ}\text{C}$ , СТС  $-1,2-1,5$  м; 3— сквозные и несквозные талики под озерами



Рис. 10. Участок водораздела в III ландшафтной подзоне

1— ММП торфяных полей, расчлененных «канавами» с ПЖЛ; ММП торфяно-суглинистого состава, льдистые, температура пород от  $-2$  до  $-3^{\circ}\text{C}$ , СТС  $-0,4-0,6$  м; 2— несквозные подозерные талики

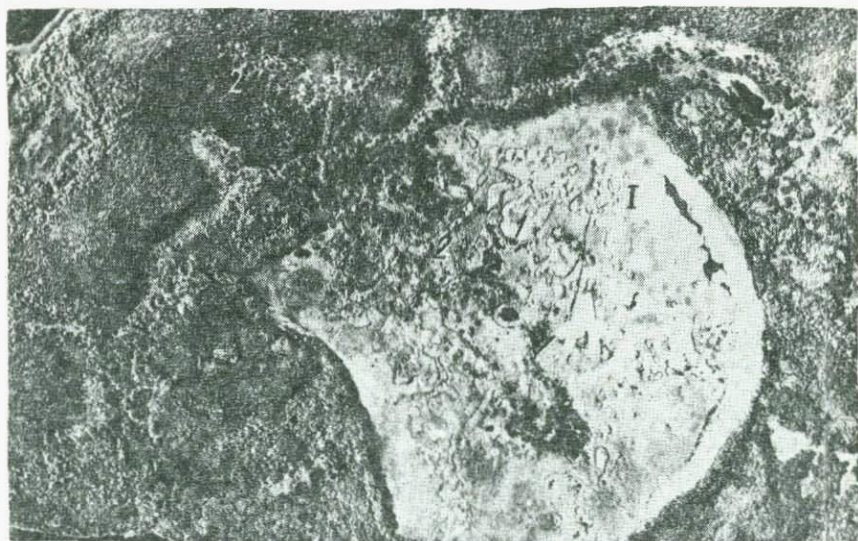


Рис. 11. Участок водораздела в III ландшафтной подзоне

1— промерзающая котловина сдренированного термокарстового озера, СМС  $-0,6-1,0$   
 1<sub>1</sub>— новообразования ММП, льдистые, с температурой пород не ниже  $0,5^{\circ}\text{C}$ , СТС  $-0,5-1,0$  м; 1<sub>2</sub>— сквозные талики увлажненных участков с блюдцами воды;  
 чередование ММП и несквозных таликов на участках с плохо выраженным блочным мелебельфом

Г<sub>15</sub> с четко выраженным мелкоблочным мезорельефом и термокарстовыми озерами. В этих урочищах блоки имеют небольшие размеры, обычно не более 50 м, чаще всего округлую или овальную форму; они расчленены неширокими межблочными понижениями и полосами стока. Таким участкам соответствуют часто чередующиеся ММП и талики (подозерные и радиационные). Они дешифрируются по мелкоячейистому рисунку, состоящему из мелких светлых пятен примерно одного размера, окаймленных разнообразными темными полосами. Характерная деталь рисунка — присутствие черных пятен разного размера (рис. 12).

Типы урочищ Г<sub>6</sub>, Г<sub>7</sub> и Г<sub>8</sub> с невыраженным мезорельефом встречаются ограниченно. Они имеют такие же аэроизображения, как и на ледово-морском уровне, и характеризуются аналогичными геокриологическими условиями. Типы урочищ на высоких (морском и ледниковом) уровнях в большинстве случаев имеют нечеткое отображение, но при достаточном навыке дешифрируются вполне надежно. Широко распространенный морской уровень занимает высокие водораздельные пространства, сложенные песчано-галечными отложениями; ледниковый уровень встречается редко, сложен валунными суглинками и песчано-галечным материалом. В их пределах часто наблюдаются урочища А<sub>6</sub>, А<sub>7</sub>, А<sub>8</sub>, А<sub>10</sub>, В<sub>6</sub>, В<sub>8</sub>, В<sub>10</sub> с нечеткими полигонально-блочным или невыраженным мезорельефом. Они характеризуются теми же особенностями отображения, как и на ледово-морском уровне. Для урочищ характерно островное распространение ММП со слабой льдистостью и высокой температурой. Талые с поверхности отложения приурочены к несквозным снежно-радиационным таликам под межблочными понижениями и полосами стока и к наклонным и плоским водораздельным участкам с кустарниковой растительностью.

При дешифрировании рассмотренных урочищ следует помнить, что при сходном рисунке отображения высокая кустарниковая растительность может указывать не только на несквозные, но и на сквозные талики инфильтрационно-радиационного типа. Они приурочены к водораздельным участкам, сложенным единой мощной толщей хорошо фильтрующих песчано-галечных пород. Для уверенного дешифрирования и разграничения указанных типов таликов необходимо знать литолого-генетические особенности слагающих их отложений и их мощность. Большую помощь в этом случае может оказать также анализ характера мезорельефа на участках, окружающих талики. Четко выраженный блочный мезорельеф, хорошо читаемый по снимкам, указывает на тонкодисперсный, плохо фильтрующий состав отложений, поэтому на закустаренных участках следует ожидать несквозные талики. При сквозных таликах инфильтрационного типа вокруг этих участков обычно развит плохо выраженный, стертый мезорельеф — индикатор преобладания крупнодисперсных отложений.

Более четким изображением отличаются урочища А<sub>8</sub>, А<sub>13</sub>, В<sub>8</sub>, наблюдаемые на наиболее повышенных формах рельефа. В этих урочищах в отличие от описанных главную роль играют ММП. Мохово-кустарничковые урочища А<sub>8</sub>В<sub>8</sub> занимают вершины наиболее крупных холмов, гряд или выпуклых участки водоразделов, отображаемые на снимках однородным темно-серым или мутно-серым тоном (рис. 13). Здесь отмечается широкое распространение мерзлых, преимущественно слабодлистных отложений. Четко выраженным пестрым рисунком изображается тип урочищ А<sub>13</sub>, развитых на участках грядово-холмистых водораздельных равнин с характерными для них неболь-

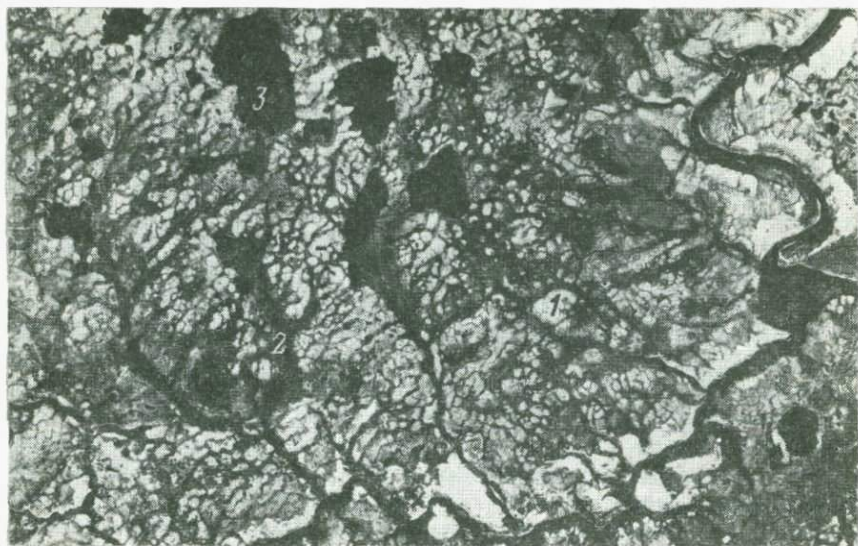


Рис. 12. Участок высокой речной террасы в III ландшафтной подзоне (часто прерывистое распространение ММП на участках четко выраженного мелкоблочного мезорельефа с озерами, сложенного глинисто-суглинистыми отложениями)

1— ММП в блоках, слабльдистые и льдистые, температура пород от  $-1,0$  до  $-2,0^{\circ}$  С; СМС  $-1,5-2,0$  м; 2— несквозные талики в пределах межблочных понижений, СМС  $-1,0-2,0$  м; 3— несквозные и сквозные талики под озерами

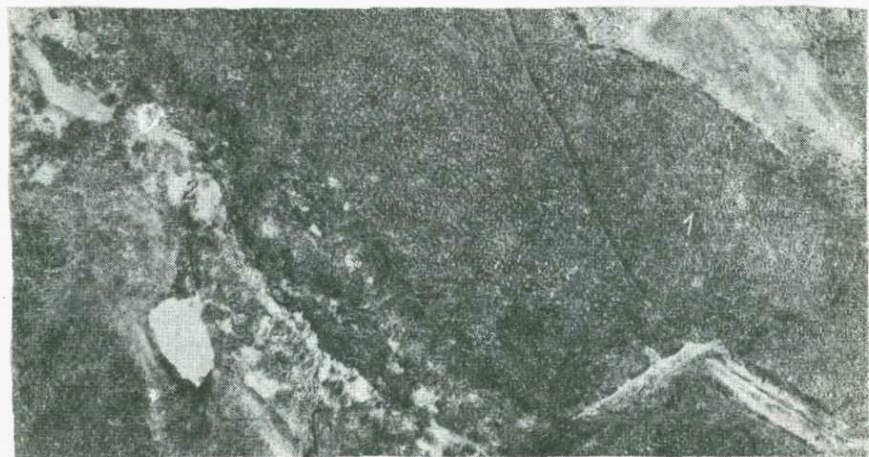


Рис. 13. Участок водораздела в III ландшафтной подзоне (монолитная толща ММП в резко выступающем холме)

1— толща ММП на вершине холма, отложения слабльдистые, температура пород до  $-2^{\circ}$  С и ниже, СТС  $-1,5-2,0$  м; 2— талые отложения в ручье, СМС  $-0,8-1,2$  м



Рис. 14. Участок водораздела в III ландшафтной подзоне (чередование ММП и таликов на участке грядово-холмистой равнины с озерами; участок сложен грубозернистыми песчано-галечными отложениями)

1— ММП на вершинах холмов и гряд, отложения слабльдистые, температура их до  $-2,0^{\circ}\text{C}$ ; СТС  $-1,5-2,0$  м; 2— несквозные талики в межгрядовых понижениях, СМС  $-1,2-1,5$  м; 3— сквозные и несквозные подозерные талики



Рис. 15. Участок водораздела в III ландшафтной подзоне

Чередование ММП и таликов различной мощности на участке холмисто-озерного мезорельефа, сложенного суглинистыми отложениями: 1— ММП льдистые, температура их до  $-4,5^{\circ}\text{C}$ ; СТС  $-1,2-1,5$  м; 2— несквозные талики под узкими понижениями; СМС  $-1,0-1,5$  м; 3— несквозные подозерные талики



Рис. 16. Участок речной долины в III ландшафтной подзоне

1 — часто прерывистое распространение ММП в надпойменных террасах с четким блочным мезорельефом; ММП — льдистые, с температурой до  $-1,5^{\circ}\text{C}$ ; СТС  $-1,0-1,5\text{ м}$ ; 2 — сквозные талики в пределах поймы; СМС  $-0,6-1,0\text{ м}$

шими озерами, чередующимися мелкими холмами конусообразной формы (рис. 14). Поверхность холмов и гряд занята мохово-кустарничковым покровом, кустарники наблюдаются в незначительном количестве. Рисунок этого типа урочищ индицирует распространение одного из наиболее характерных комплексов морских отложений — мощных пачек разнозернистых песков с небольшим количеством обломочного материала. Таким участкам соответствуют преимущественно мерзлые слабльдистые и льдистые низкотемпературные отложения; талики, лежащие вне озер, занимают небольшую площадь. Специфичное и четкое изображение присуще урочищам с аномально суровыми для подзоны геокриологическими условиями. Эти урочища отвечают участкам наиболее дисперсных ледниковых отложений — В<sub>11</sub>. Это холмисто-озерная равнина со сглаженными холмами небольшого размера и округлыми или близкими к треугольным озерами с поперечниками, равными поперечникам оснований холмов. Поверхность холмов и узких понижений занята мохово-кустарничковым покровом с небольшим количеством кустарника. Холмисто-озерные урочища отображаются ярким рисунком (рис. 15), по которому выявляются малопрерывистые, сильно охлажденные (до  $-4,5^{\circ}\text{C}$  и ниже) ММП, сложенные льдистыми и сильнольдистыми суглинистыми отложениями.

Пойменные урочища Д<sub>17</sub> занимают небольшие площади и встречаются узкими полосами вдоль рек и крупных ручьев. Они заняты высокими ивняками и луговинами и дешифрируются по рельефу и светло-серому или мутно-серому тону отображения. Хорошим дешифровочным признаком являются также вытянутые или подковообразные старичные озера (рис. 16). Часто пойменные урочища имеют веерообразный рисунок или рисунок, состоящий из чередований сегментов и полос различных оттенков серого цвета. Им соответствуют талые отложения; на незакустаренных участках возможны ММП.

#### IV ЛАНДШАФТНАЯ ПОДЗОНА

IV подзона охватывает все уровни, кроме ледникового, доминирующая роль в них принадлежит ММП. Распространенные здесь типы урочищ обладают теми же особенностями строения поверхности и отображения на аэрофотоснимках, как и в III подзоне, но отличаются большей суровостью соответствующих им геокриологических условий.

Самыми суровыми геокриологическими условиями как для подзоны, так и для региона в целом характеризуются урочища, расположенные на высоком морском уровне. Этот уровень занимает обширные пространства в подзоне и представляет собой холмисто-грядовую равнину с абс. отм. до 200—300 м, сложенную песчано-гравийно-галечными отложениями. Господствующие здесь мохово-кустарничковые и кустарничковые урочища А<sub>6</sub>, А<sub>7</sub>, А<sub>8</sub>, А<sub>13</sub> достаточно хорошо дешифрируются по однородному светло-серому или серому тону их отображения. Для многолетних пород (ММП), соответствующих этим урочищам, установлены сплошное и прерывистое распространение, устойчивая низкая температура и слабая льдистость.

Значительные площади в подзоне занимает ледово-морской уровень — водораздельная холмистая равнина, сложенная супесчано-суглинистыми отложениями. Здесь встречаются в основном урочища с полигонально-блочным мезорельефом Б<sub>9</sub>, Б<sub>10</sub>, Б<sub>15</sub>, реже Б<sub>6</sub>, Б<sub>7</sub>, Б<sub>8</sub>, характеризующиеся пестрыми геокриологическими условиями и четкими рисунками отображения. В отличие от III подзоны в закустаренных участках здесь больше распространены ММП.

Относительно небольшая часть территории подзоны занята озерно-аллювиально-морским уровнем, состоящим из торфяно-глинисто-суглинистых отложений. В его пределах наиболее распространены заозеренные торфяные урочища, имеющие самые льдистые отложения с ПЖЛ (Г<sub>14</sub>, Г<sub>15</sub>). Изображение их на аэрофотографиях четкое. Торфяным урочищам сопутствуют котловины спущенных термокарстовых озер Г<sub>15</sub>, для которых характерны талики с новообразованиями ММП. В большинстве котловин участки новообразований ММП занимают до половины их площади и более (рис. 17). Подчиненное положение на этом уровне имеют кустарничковые и закустаренные урочища с геокриологическими условиями, аналогичными морскому уровню.

Пойменные урочища Д<sub>17</sub> встречаются также редко. Их фотографии, сходные с фотографиями III подзоны, указывают чаще всего на мерзлые отложения; талики залегают лишь на сильно закустаренных участках или под озерами.

Своеобразны и характерны снимки урочища террасово-морского уровня, располагающегося узкой полосой вдоль побережья Печорского моря. Этот уровень представляет собой комплекс молодых террас, сложенных разнозернистыми морскими песками. Плоская поверхность террас с большим количеством лагун и проток занята невысокими и редкими ивняками с разнотравьем. Расположенные здесь урочища Е<sub>18</sub> характеризуются аazonальностью геокриологических условий, вызванной переменными и неустановившимися современными условиями поверхностного теплообмена.

Геокриологические условия на этой территории менее суровы, чем в районе, расположенном южнее. Подобная геокриологическая обстановка связа-



Рис. 17. Участок водораздела в IV ландшафтной подзоне (промерзающие котловины спущенных термокарстовых озер)

1— в котловине участки новообразований ММП, льдистых, с температурой до  $-1^{\circ}\text{C}$ , СТС  $-0,4-0,7$  м; 2— сквозные и несквозные талики в пределах увлажненных участков котловины с блюдцами воды; 3— ММП торфяного поля, льдистые, с температурой до  $-3-4^{\circ}\text{C}$ ; СТС  $-0,4-0,7$  м; 4—подозерные талики

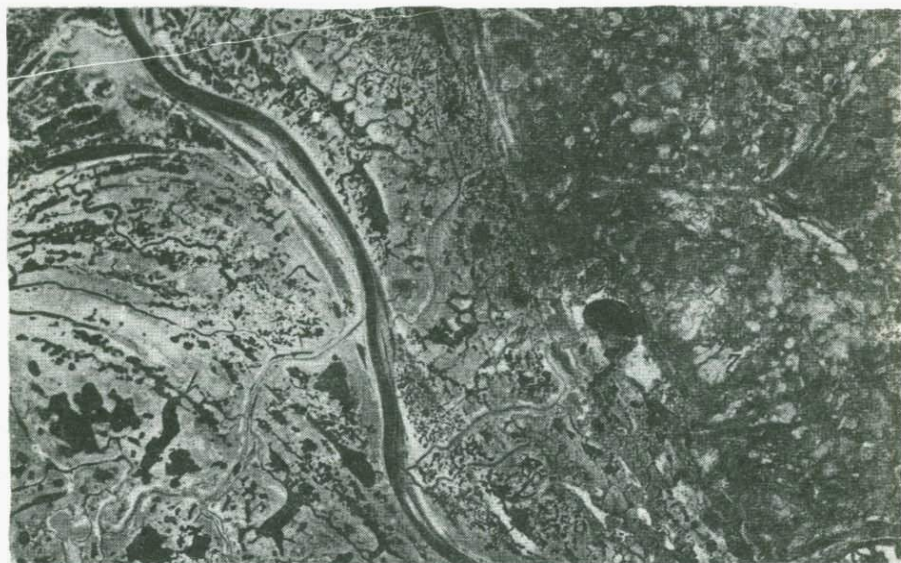


Рис. 18. Участок морских террас в IV ландшафтной подзоне

1— часто прерывистое распространение ММП на молодой морской террасе, ММП слабо-льдистые, с температурой около  $0^{\circ}\text{C}$ ; СТС  $-0,6-1,3$  м; талики несквозные под руслами ручьев и озерами-лагунами; 2— ММП, прерывисто распространены в высокой морской террасе с четким блочным мезорельефом, ММП суглинистого состава, льдистые, с температурой от  $-2$  до  $-3^{\circ}\text{C}$ , СТС  $-1,0-1,2$  м. СМС  $-1,0-1,5$  м; талики несквозные под межблочными понижениями и полосами стока

на со спецификой формирования ММП на молодых морских террасах, недавно вышедших из-под уровня моря, с преимущественно песчаным составом осадков, насыщенностью их высокоминерализованными водами, взаимодействием с морскими водами, близким залеганием криопегов и т. д. Прерывистое и островное распространение слабодыстных ММП, свойственное морским террасам, дешифрируется по пестрому рисунку (рис. 18); внутри них распространены гидрогалинные меж- и внутримерзлотные талики, которые по снимкам не выявляются.

В заключение следует сказать несколько слов о дешифрировании таликов. Накопленный опыт показывает, что по снимкам достаточно надежно выявляется их генезис, а принадлежность к виду (сквозному или несквозному) определяется ориентировочно при анализе зональных и региональных факторов формирования ММП. Выше уже было сказано о дешифрировании широко распространенных в регионе радиационных таликов. Кроме них, необходимо рассмотреть гидрогенные, инфлюационные и термохимические талики, формирование которых не подчиняется зональным закономерностям.

К гидрогенным таликам относятся подрусловые и подозерные, а также талики по зонам тектонических нарушений.

Подрусловые талики преимущественно сквозные, несквозные появляются в III ландшафтной подзоне, в IV — они доминируют. Ориентировочно можно считать, что при ширине русла водотока, превышающей 100—150 м, в любой подзоне талики будут сквозными. Дешифрируются они по прямым признакам.

Подозерные талики распространены под озерами различного происхождения и дешифрируются также по прямым признакам. Несквозные талики залегают чаще всего под термокарстовыми мелкими озерами, которые устанавливаются по изрезанной береговой линии. В пределах ледниковых, морских и тектонических озер талики, как правило, сквозные, несквозными они могут быть лишь в IV ландшафтной подзоне. На снимках талики опознаются по крупным размерам озер и ровной береговой линии, по удлинненным формам тектонических озер.

В зонах тектонических нарушений талики приурочены к массивам неглубоко залегающих коренных трещиноватых пород, по которым циркулируют подземные воды. Они распространены ограниченно в Приуралье и дешифрируются по косвенным признакам. В зависимости от состава и степени трещиноватости эти массивы значительно различаются по характеру растительного покрова, что находит отражение в специфике их аэрофотоизображений.

Таликам, связанным с сильнотрещиноватыми и обводненными коренными породами (аргиллитами, сланцами), на поверхности соответствуют участки, поросшие крупным кустарником и отображаемые на снимках серыми и мутно-серыми тонами. На аэрофотографиях они похожи на закустаренные урочища, которым соответствуют сквозные и несквозные талики мощных толщ песчано-галечных осадков. От последних рассматриваемые талики отличаются линейными границами, по которым происходит смена растительных группировок, и поэтому дешифрируются достаточно уверенно. В качестве дополнительных дешифровочных признаков привлекаются сведения о глубине залегания, составе коренных пород и характере их трещиноватости.



Рис. 19. Участок водораздела в III ландшафтной подзоне, сложенной растворимыми карбонатными породами, прикрытыми небольшим плащом рыхлых отложений

1— сквозные и несквозные талики карстовых образований в местах выхода карбонатных пород на дневную поверхность; 2— ММП, преимущественно распространены на участках, прикрытых плащом рыхлых отложений; ММП слабодистые, температура их до  $-2^{\circ}\text{C}$ , СТС— 1,5—1,8



Рис. 20. Участок водораздела в III ландшафтной подзоне, сложенный неглубоко залегающими коренными породами переменного состава и различной трещиноватости

1— талики в полосах, сложенных углями и аргиллитами; СМС— 1,0—1,5 м; 2— ММП в полосообразных участках, сложенных конгломератами и песчаниками, отложения слабодистые с температурой до  $-2^{\circ}\text{C}$ , СТС— 1,5—2,0 м

Таблица 4

**Унифицированная таблица ландшафтно-индикационных  
(дешифровочных) признаков  
типичных геокриологических характеристик (условий)  
на Европейском Северо-Востоке**

Комплексный индикатор и его индекс				Индицируемые условия
Тон на аэрофотографии (и рисунок)	Основной тип урочища	Ландшафтная подзона	Геоморфологический уровень и его геологическая характеристика	Геокриологическая характеристика
1	2	3	4	5
Темно-серый с густыми черными штрихами	1. Холмистый мезорельеф с моховыми елово-березовыми лесами	I, II	Ледово-морской; суглинки, супеси $gmII^{2-4}$ Ледниковый; валунные суглинки $gII^4$	Талые породы, СМС — 0,6 — 1,8 м; перелетки ММП мощностью 1—3 м и более
Серый и мутно-серый с разреженными черными штрихами	2. Плоский мезорельеф с моховыми елово-березовыми лесами (речные поймы и низкие террасы)	I, II	Аллювиальный; пески, супеси, суглинки, гравийно-галечные отложения — а III—IV	Талые породы, СМС — 0,4 — 1,0 м; перелетки ММП мощностью 1—3 м
Светло-серый и мутно-серый с единичными черными штрихами	3. Холмистый мезорельеф с лишайниковыми редколесьями и рединами	II	Ледово-морской; суглинки, супеси — $gmII^{2-4}$ Ледниковый; валунные суглинки — $gII^4$	Талые породы, СМС — 1,0 — 1,5 м; перелетки мощностью 1—3 м и более
Белесоватый и серый с вкраплениями мелких пятен и полос черного цвета	4. Плоский мезорельеф с осоково-травяно-кустарниковыми ассоциациями и сильно увлажненной поверхностью (болотами)	I, II	Озерно-аллювиально-морской; суглинки, глины, торф — Ia III—Ib III—IV	Талые породы, СМС — 0,4 — 1,2 м
Ровный серый и мутно-серый с небольшими четкими пятнами белесоватого и черного цвета	5. Плоский мезорельеф с осоково-моховой растительностью и неравномерно увлажненной поверхностью — болотами; среди них встречаются мелкие озерки (черные пятна) и более сухие возвышения (светлые пятна)	I, II	Озерно-аллювиально-морской; суглинки, глины, торф — Ia III—Ib III—IV	Талые породы с новообразованиями ММП в повышенных участках; льдистые ММП с температурой до $-0,5^{\circ}C$ и ниже; СТС — 0,4—1,0 м; СМС — 0,4 — 1,2 м

Т а б л и ц а 4 (продолжение)

1	2	3	4	5
Ровный серый или темно-серый	6. Плоскоровнистый мезорельеф с кустарниковой растительностью высотой более 0,8 м и мохово-лишайниковым покровом	I, II III, IV	Ледово-морской; суглинки, супеси $gm II^{2-4}$	Талые породы; СМС — 0,8—2,2 м; перелетки ММП мощн. 2—3 м Несквозные талики; СМС — 1,0—2,0 м
		I, II III	Ледниковый; валунные суглинки $gII^4$	Талые породы; СМС — 0,8—2,2 м Несквозные талики; СМС — 1,0—2,0 м
		III, IV	Высокий морской; пески, песчано-галечные отложения $mII$	Сквозные и несквозные талики; СМС — 1,2—1,8 м
Ровный серый и светло-серый	7. Плоскоровнистый мезорельеф с кустарниковой растительностью высотой менее 0,8 м и мохово-лишайниковым покровом	I, II III, IV	Ледово-морской; суглинки, супеси $gmII^{2-4}$	Талые породы; СМС — 0,8—2,2 м Талые породы или ММП слабобльдистые и льдистые с температурой от —0,5 до 1°C и ниже; СТС — 1,5—2,0 м; СМС — 1,2—1,8 м
		I, II	Ледниковый;	Талые породы; СМС — 0,8—2,2 м
		III	валунные суглинки $gII^4$	Талые породы, или слабобльдистые ММП с температурой от —0,5 до —1°C; СТС — 1,5—2,0 м; СМС — 1,2—1,8 м
		III, IV	Высокий морской; пески, песчано-галечные отложения $mII^4$	Талые породы или слабобльдистые ММП с температурой от —0,5 до —1,5°C; СТС — 1,5—2,2 м; СМС — 1,2—1,8 м

Таблица 4 (продолжение)

1	2	3	4	5
Ровный светло-серый	8. Плосковыпуклый мезорельеф с низкорослой кустарничково-мохово-лишайниковой растительностью и пятнами минерального грунта	I, II	Ледово-морской; суглинки, супеси $gmII^{2-4}$	Слабльдистые ММП с температурой до $-0,5^{\circ}C$ и ниже; СТС — 1,5—2,0 м, СМС — 0,8—2,2 м
		III, IV		Слабльдистые и льдистые ММП с температурой от $-1$ до $-2,5^{\circ}C$ ; СТС — 1,3—1,5 м, СМС — 1,3—1,6 м
		I, II	Ледниковый;	Слабльдистые ММП с температурой $-0,5^{\circ}C$ и ниже; СТС — 1,5—2,5 $^{\circ}C$ , СМС — 1,2—1,8 м
		III	валунные суглинки $gII^4$	Слабльдистые ММП с температурой от $-0,5$ до $-2,0^{\circ}C$ ; СТС — 1,5—2,0 м; СМС — 1,0—2,0 м
Четко выраженный крупночешуйчатый рисунок со светло-серыми пятнами овальной, реже округлой формы и полосами темно-серого цвета	9. Четко выраженный крупноблочный мезорельеф с кустарничково-мохово-лишайниковой растительностью на блоках (серые пятна), чередующиеся с крупной кустарниковой растительностью высотой более 0,8 м с разнотравьем — в понижениях (темные полосы)	III, IV	Высокий морской; пески, песчано-галечные отложения $mII^4$	Слабльдистые ММП с температурой от $-1$ до $-3^{\circ}C$ ; СТС — 1,5—2,2 м, СМС — 1,2—1,8 м
		III, IV	Ледово-морской; суглинки, супеси $gmII^{2-4}$	ММП (блоки) чередуются с несквозными таликами (межблочья); слабльдистые и льдистые ММП с температурой от $-1$ до $-2,0^{\circ}C$ ; СТС — 1,0—1,5 м, СМС — 1,2—1,5 м

Таблица 4 (продолжение)

1	2	3	4	5
		III	Ледниковый; валунные суглинки $gII^4$	ММП (блоки) чередуются с несквозными и сквозными таликами (межблочья); слабодыстые ММП с температурой от $-0,5$ до $-2,0^{\circ}C$ ; СТС — 1,5—2,0 м; СМС — 1,5—1,8 м
Нечетко выраженный ячеистый рисунок со светло-серыми пятнами овальной формы и полосами темного цвета	10. Средне- и нечетко выраженный крупноблочный мезорельеф с низкорослой кустарничково-мохово-лишайниковой растительностью (пятна серого цвета), чередующийся с кустарниковой растительностью высотой более 0,8 м с разнотравьем (темные полосы)	III, IV	Ледово-морской; суглинки, супеси — $gmII^{2-4}$ .	ММП (блоки), чередующиеся с несквозными и сквозными таликами (межблочья); слабодыстые, реже льдистые ММП с температурой до $-1^{\circ}C$ и ниже; СТС — 1,5—2,0 м; СМС — 1,5—1,8 м
Пестрый рисунок со светло-серыми пятнами овальной формы примерно одинакового размера, окаймляющими их узкими темно-серыми полосами, а также черными пятнами неправильной формы с незначительно меняющимися размерами	11. Холмисто-озерный мезорельеф: озера (черные пятна) чередуются с низкорослой кустарничково-мохово-лишайниковой растительностью (светло-серые пятна) и кустарниковой растительностью высотой более 0,8 м с разнотравьем (темные пятна и полосы)	III	Ледниковый; суглинки, глины с небольшим количеством обломочного материала — $gII^4$	ММП, слагающие холмы, чередуются с несквозными таликами под межблочьями и озерами; ММП льдистые и сильнольдистые с температурой до $-4,5^{\circ}C$ ; СТС 1,2—1,5 м; СМС — 1,0—1,5 м

Т а б л и ц а 4 (продолжение)

1	2	3	4	5
Пестрый рисунок, в котором белесоватые, серые, темно-серые и черные пятна сочетаются с полосами различной формы и размера	12. Выпукло-бугристый мезорельеф: озера (черные пятна) чередуются с низкорослой кустарничково-мохово-лишайниковой растительностью на выпуклых торфяных буграх (светло-серые пятна), осоково-моховыми группировками и кустарниками в понижениях (темно-серые или белесоватые полосы и пятна) — бугристые торфяники	I, II	Озерно-аллювиально-морской; суглинки, глины, торф — <i>laIII—lbIV</i>	ММП, залегающие в буграх, чередуются со сквозными и несквозными таликами, приуроченными к озерам и понижениям; льдистые и сильнольдистые ММП с температурой от $-1$ до $-2,5^{\circ}\text{C}$ ; СТС — $0,4—0,8$ м; СМС — $1,0—1,5$ м
Пестрый рисунок со светлыми серыми пятнами различных размеров и окаймляющими их узкими полосами темно-серого цвета, сочетающимися с черными пятнами неправильной формы и различной величины	13. Грядово-холмистый мезорельеф с низкорослой кустарничково-лишайниковой растительностью (серые пятна), чередующейся с кустарниковой растительностью высотой до $0,8$ м с разнотравьем (темные полосы) и сравнительно редкими озерами (черные пятна)	III	Высокий, морской; лески, песчано-галечные отложения — <i>mIII</i> <sup>4</sup>	Чередование ММП (холмов) с несквозными таликами (понижения, мелкие озера) и сквозными (крупные озера); ММП слабольдистые, температура от $-2$ до $-3^{\circ}\text{C}$ ; СТС — $1,5—2,0$ м; СМС — $1,2—1,5$ м
Полигональный рисунок из тонких, взаимно пересекающихся линий черного цвета, осложненный светлыми, серыми и черными пятнами и полосами различной формы и размера	14. Плоский и плоскобугристый мезорельеф с озерами (черные пятна), низкорослой кустарничково-мохово-лишайниковой и осоково-моховой растительностью на торфяных массивах (по-	IV	III Озерно-аллювиально-морской; суглинки, глины, торф — <i>amIII—laIII—lbIV</i>	Чередование ММП (холмы) с несквозными таликами (понижения, озера); слабольдистые ММП с температурой от $-2$ до $-3$ и $-5^{\circ}\text{C}$ ; СТС — $1,2—1,6$ м; СМС — $1,0—1,3$ м ММП (торфяные массивы) с чередующимися с несквозными (понижения, мелкие озера) и сквозными (крупные озера) таликами; ММП льдистые и сильнольдис-



Т а б л и ц а 4 (окончание)

1	2	3	4	5
	ненные, встречаются озера (черные пятна) и сухие возвышения (светлые белесоватые пятна)			льдистые с температурой от $-0,5$ до $-1,0^{\circ}\text{C}$ и ниже, СТС $-0,5$ м; СМС $-1,0-1,6$ м
Белесоватый и мутно-серый с редкими черными пятнами продолговатой или подковообразной формы	17. Плоский мезорельеф с ивняками высотой $0,8-1,5$ м с разнотравьем и осокой (речные поймы)	III  IV	Террасовый аллювиальный; пески, супеси, суглинки, гравийно-галечные отложения — <i>aIII-IV</i>	Сквозные талики, СМС $0,6-1,2$ м ММП с несколькими таликами (старичные озера и закустаренные участки); СТС $-0,6-1,3$ м; СМС $-0,6-1,0$ м
Пестрый рисунок с общим серым тоном, мелкими и крупными пятнами и тонкими сплошными и прерывистыми линиями черного цвета	18. Плоский мезорельеф с чередованием озер, проток и лугового разнотравья с редкими ивняками (низкие морские террасы)	IV	Террасовый морской; пески — <i>mIII-IV</i>	ММП со сквозными, несквозными и межмерзлотными таликами; слабодльдистые, с температурой до $-1,5^{\circ}\text{C}$ ; СТС $-1,0-1,3$ м; СМС $-0,5-1,5$ м

В массивах сцементированных слаботрешиноватых и слабообводненных коренных пород распространены ММП, расчлененные узкими таликами вдоль трещин. Такие участки могут иметь крупнорешетчатый или крупносетчатый рисунок (конгломераты, песчаники), веерообразный (нерастворимые карбонатные породы) и т. д. Мерзлые блоки с маломощным растительным покровом имеют светлые тона отображения, а талые полосы с кустарником — более темные тона.

Инфлюационные талики карстовых образований отмечаются на участках, сложенных растворимыми карбонатными породами. На местности они обнаруживаются по их приуроченности к участкам с высокими (более  $0,8$  м) кустарниками, «изъеденным» карстовыми воронками. На аэрофотоснимках такие участки характеризуются «рябым» рисунком в виде однородных серых контуров с резко очерченными мелкими пятнышками белесоватого или черного цвета. Пятнами отображаются сухие (светлые) или обводненные (черные) воронки, расположенные в местах непосредственного выхода карбонатных пород на дневную поверхность (рис. 19). На этих участках развиты сквозные и несквозные талики. Если окружающие их массивы не имеют на фотографии рябого рисунка, то, следовательно, они имеют мощный рыхлый покров и сложены ММП.

Термохимические талики, развитые вдоль зон проявления экзотермиче-

ских реакций, встречаются на участках, сложенных пачками сцементированных конгломератов и песчаников, чередующимися в плане с пачками разрушенных углей и аргиллитов. В пределах полосообразных выходов углей и аргиллитов распространены несквозные талики, образованные благодаря теплу, выделяемому при реакциях; на дневной поверхности им соответствуют ровные или пониженные участки с ивняками и разнотравьем в напочвенном покрове, отображающиеся на снимках узкими светлыми полосами. Полосы таликов чередуются с более широкими полосами ММП, которые приурочены к разделяющим талики повышенным формам рельефа — гривам, сложенным конгломератами и песчаниками. Поверхность грив покрыта низкорослыми кустарничками и кустарниками с моховым покровом, которые на снимках выражены полосами серого и темно-серого цвета. На снимках все описанные участки имеют четкий полосчатый рисунок (рис. 20).

Зональная, с юга на север, смена урочищ разных типов, соответствующие им геокриологические характеристики и способы отображения их на снимках приведены в табл. 4.

## ДЕШИФРИРОВАНИЕ КРИОГЕННЫХ И ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ОБРАЗОВАНИЙ И ПРОЦЕССОВ

В настоящем разделе рассматриваются формы, представляющие наибольшую опасность при освоении территории, для выявления которых имеются достаточно надежные индикаторы.

Среди криогенных образований наиболее распространены древние реликтовые формы пучения и термокарста, повторно-жильные льды. Интенсивные современные процессы — это морозобойное растрескивание, пучение, термокарст и заболачивание, а наиболее ограниченные — солифлюкция.

Процессы пучения вызываются увеличением объема воды при замерзании. Поэтому большинство вспученных образований — это показатель льдо-насыщенных грунтов или скоплений льда. К наиболее распространенным древним формам пучения относятся: бугристые торфяники и торфяные и торфяно-минеральные бугры пучения, как одиночные так и групповые. Эти образования наиболее широко представлены во II и III подзонах в пределах озерно-аллювиально-морского уровня.

Бугристые торфяники создают весьма специфический ландшафт, который отображается на снимках четко выраженным пестрым рисунком (см. рис. 2, 1). Во II подзоне они занимают огромные площади, при этом бугристые торфяники служат индикаторами обширных участков ММП; в остальных типах урочищ ММП практически отсутствуют.

Отдельные бугры пучения или их группы хорошо дешифрируются по снимкам. При работе с аэрофотографиями прямыми признаками бугров пучения следует считать округлую или овальную форму участков поверхности и размеры, которые не превышают 30—50 м. Высота бугров составляет в среднем 2—6 м. Помимо прямых признаков, необходимо привлекать косвенные: приуроченность бугров к пониженным элементам рельефа — котловинам бывших озер, долинам временных водотоков, заболоченным участкам и т. д. На снимках они выделяются среди окружающей их сильно увлажненной поверхности более светлым тоном изображения. Присутствие этих бугров указывает на обводненную таликовую зону, в процессе промерзания которой возникли льдистые формы пучения.

Современный процесс пучения развивается в осоково-пушицево-моховых болотах и в крупных термокарстовых котловинах и понижениях. Наиболее интенсивно он протекает в южной половине региона. При этом возникают новые формы рельефа, так называемые «участки новообразований ММП», представленные небольшими буграми высотой не более 2 м, с поперечником основания от 3—5 до 10—20 м и более. Верхние горизонты участков пучения характеризуются сильной льдистостью. На аэрофотоснимках они отображаются четко и, как правило, выглядят светлыми в отличие от окружающей заболоченной поверхности (см. рис. 11). Если на них поселились кустарники, то дешифрирование участков пучения требует определенных навыков и дополнительных стереоскопических исследований.

ПЖЛ распространены преимущественно на севере региона и приурочены к пониженным частям водоразделов и речных террас (озерно-аллювиально-морской уровень). Лды эпигенетического типа обладают характерной клиновидной формой и мощностью по вертикали не более 4 м. На присутствие в торфе и подстилающих грунтах ледяных жил указывают «канавы», расчленяющие торфяник на четырех- или шестиугольные полигоны. Длина сторон полигонов изменяется в широких пределах: от 2—5 до 20 м и более. Торфяники с ПЖЛ отчетливо опознаются на аэрофотоснимках по общему серому тону, на фоне которого видна прерывистая сеть темных линий — сторон полигонов (см. рис. 10). Рисунок полигонального торфяника — показатель не только наличия ПЖЛ, но и высокой льдистости вмещающих их отложений, наибольшей в регионе.

Термокарстовые образования наиболее широко распространены в центральной и северной частях региона, приурочены преимущественно к льдистым тонкодисперсным грунтам, слагающим озерно-аллювиально-морской уровень. Самыми распространенными термокарстовыми образованиями являются сухие и занятые озерами котловины. Это — типичные просадочные образования с почти отвесными берегами высотой от 1,5 до 4 м, сложенными торфом. Размеры озерных котловин колеблются от нескольких метров до 1 км и более, глубина их редко превышает 2 м. Менее распространенные формы термокарстового рельефа — это заполненные водой полигональные ложбины, образовавшиеся на месте вытаивания ПЖЛ. Термокарстовые образования четко просматриваются на аэрофотоснимках. Заполненные водой котловины и понижения дешифрируются по прямым признакам, а безводные отображаются хорошо выраженными крупными округлыми или овальными пятнами светлого тона (котловины) или узкими полосами темного цвета (ложбины). Дешифрирование термокарстового рельефа может быть использовано в исследованном регионе для установления косвенных признаков состава и льдистости отложений. Участкам с широко развитыми формами термокарстового рельефа соответствуют наиболее льдистые и тонкодисперсные отложения с сопутствующими им ПЖЛ и скоплениями сегрегационных льдов.

Современные термокарстовые процессы проявляются незначительно.

В результате термокарста в местах наибольшего скопления сегрегационных ледяных включений на поверхности торфяных полигонов образуются мелкие блюдца и западинки. На снимках они четко выявляются в виде скоплений небольших округлых черных или светлых пятен. Некоторые участки характеризуются так называемым термокарстовым ландшафтом (см. рис. 17) где торфяник «изъеден» древним и современным термокарстом.

Криогенный процесс морозобойного растрескивания грунтов довольно широко распространен на севере региона в III и IV ландшафтных подзонах, в торфянистых и минеральных грунтах. В первом случае растрескиванию подвергаются торфяники, расположенные на озерно-аллювиально-морском уровне. При этом образуется правильная полигональная сеть мелких, часто незадернованных трещин, в которых залегают небольшие жилки льда (см. рис. 17, 3). Трещины покрывают поверхность крупных торфяных полигонов, образованных ложбинами с реликтовыми ПЖЛ. Процессы растрескивания торфяников четко фиксируются аэрофотоснимками. Дешифровочным признаком служит мелкополигональная правильная сетка тонких темных линий, наложенная на общий светло-серый до темно-серого фон.

В результате растрескивания минеральных грунтов формируется сеть

правильных полигональных трещин с грунтовыми жилами — полигональные тундры. Они приурочены к выпуклым, слабо задернованным участкам между речей в пределах высоких водораздельных уровней. Трещины расчленяют поверхность участков на полигоны с поперечниками по 4—7 м. Полигоны покрыты прерывистым маломощным покровом дернины, а трещины — кустарниковыми зарослями. Полигонально-трещинный рельеф минеральных грунтов дешифрируется по пестрому рисунку: на общем сером фоне выделяются светлые пятна, разделенные прерывистыми темно-серыми полосами.

Заболачивание — процесс, наиболее интенсивно идущий в южной и центральной частях региона. Здесь в результате заболачивания сформировались низинные (осоково-травяно-кустарниковые) и переходные (осоково-пушицево-моховые) болота; они развились в пределах озерно-аллювиально-морского и аллювиального уровней и приурочены к старичным понижениям и озерным котловинам, пониженным участкам водоразделов и речных террас. На снимках низинные болота обладают четкими дешифровочными признаками и бывают в зависимости от обводненности и состава растительных сообществ однородно-белесоватыми или пестрыми. Пестрые изображения состоят из чередующихся на сером фоне извилистых черных и светлых полос и черных пятен разных размеров.

Снимки переходных болот также пестрые: на общем сером фоне разбросаны или сконцентрированы группами мелкие четкие светлые пятнышки. По этим рисункам дешифрируются участки распространения талых пород (низинные болота), местами с участками пучения и новообразования ММП (переходные болота) (см. рис. 1, 3, 4).

В северной части региона заболачивание носит ограниченный характер. Здесь оно развито в пределах озерно-аллювиально-морского уровня и выражено формированием верховых (пушицево-сфагновых) болот на поверхности торфяных полигонов, расчлененных «канавами» с ПЖЛ. Эти болота дешифрируются по тону отображения, более светлому, чем поверхность торфяника.

Солифлюкция — это процесс передвижения влажных рыхлых пород вниз по склонам под совместным воздействием силы тяжести и криогенных процессов. Солифлюкция проявляется только на участках с особо благоприятными для нее условиями — преимущественно в северной части региона в пределах высоких водораздельных уровней. Наиболее интенсивно подвергаются перемещению переувлажненные супесчано-суглинистые грунты на склонах северной экспозиции. В результате этого процесса чаще всего формируются натечные террасы высотой до 1 м или вытянутые языки, достигающие в длину 100 м и в ширину — 10—15 м. Довольно часто встречаются солифлюкционные валы высотой до 0,8 м. Течение переувлажненных грунтов протекает в условиях тундровой растительности, которая почти не нарушается. Поэтому эти слабо выраженные в рельефе формы затруднительно рассмотреть на аэрофотоснимках. При дешифрировании солифлюкционных форм рельефа необходимо использовать косвенные признаки (мощность покровных суглинков, крутизну и экспозицию склонов и др.).

Под действием солифлюкционных процессов возникают различные мезоформы рельефа с нарушенным дерновым покровом: сплывы, земляные и каменные потоки. На снимках эти формы рельефа распознаются легче: обычно они светлее, чем окружающая их поверхность.

## **ЗНАЧЕНИЕ ДЕШИФРИРОВАНИЯ АЭРОФОТОСНИМКОВ ПРИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ**

### **ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АЭРОМЕТОДОВ ПРИ ИЗЫСКАНИЯХ**

Основой для проведения изысканий под строительство инженерных сооружений является геокриологическая съемка. В результате съемочных работ составляются инженерно-геокриологические карты и разрезы, на которых отражаются свойства мерзлых и талых пород и проявления основных криогенных процессов, наблюдаемые в естественных условиях или возникающие при строительстве и эксплуатации сооружений. Во время подобных геокриологических исследований широко применяются экспресс-методы (дешифрирование аэрофотоматериалов, аэровизуальные наблюдения), которые помогают своевременно получать нужные материалы. К настоящему времени установлено, что использование экспресс-методов в районах, где природная среда нарушена человеком в небольшой степени, дает от 30 до 60% информации, необходимой для составления инженерно-геокриологических карт среднего и мелкого масштаба. Остальная информация может быть получена с помощью наземных исследований, выполняемых в этом случае на опорных маршрутах и ключевых участках. Подобная организация работ, основанная на комплексировании аэрометодов с небольшим объемом наземных исследований, позволяет значительно сократить сроки производства работ, снизить их стоимость и повысить качество получаемых материалов. Это существенно облегчает выбор участков и трасс с оптимальными для строительства инженерно-геокриологическими условиями.

Особенно ценной является возможность в сжатые сроки с помощью аэрофотоснимков составить без наземных исследований инженерно-геокриологическую карту района, намеченного к освоению. Это должно быть особенно успешным там, где ММП характеризуются высокой дешифрируемостью и хорошей отработкой дешифровочных признаков.

Умение правильно пользоваться аэроснимками приобретает не сразу и не механически. Он появляется по мере накопления опыта тщательного изучения аэроснимков и непрерывной их проверки в натуре. Глубокий аналитический подход позволяет всесторонне изучать совокупность объектов и физических явлений, отображенных на аэрофотоснимках. Так, при геокриологическом дешифрировании можно, оконтурив границы определенного ландшафтного комплекса, охарактеризовать особенности распространения соответствующих ему ММП, таликов и криогенных образований. Опытный исследователь-геокриолог анализирует и сопоставляет особенности строения поверхности территории (ландшафта) с геологическими данными.

Опираясь на этот анализ и знание общих закономерностей развития ММП, можно выявить литологию и льдистость отложений, их генетическую принадле-

лежность, температуру ММП и дать ориентировочный прогноз направлений, в которых развивается криогенный процесс в естественных условиях и при последних инженерных работах. Иными словами, можно сформулировать предварительную инженерно-геокриологическую оценку территории, которая, в свою очередь, послужит основой для рекомендаций при выборе участков, наиболее благоприятных для строительства.

## ИНФОРМАЦИОННАЯ ЕМКОСТЬ АЭРОФОТОСНИМКОВ РАЗЛИЧНЫХ МАСШТАБОВ

Содержание информации о ММП определяется так называемой *геокриологической дешифрируемостью* снимков, т. е. возможностью определения геокриологических объектов и явлений на аэрофотоматериалах прямым или косвенным путем, обусловленной особенностями ландшафта и масштабом снимков. Большое значение имеет также степень изученности основных закономерностей формирования ММП, т. е. изученности связей отдельных характеристик ММП с элементами природной среды, которые определяют физиономичность ландшафтов, отображаемых на аэроснимках. Как показывает анализ приведенного выше материала, с их точек зрения регион Большеземельской тундры сравнительно хорошо дешифрируется. Наиболее высокая дешифрируемость отмечается для I и II ландшафтных подзон. Здесь мерзлые породы развиты незначительно, характеризуются однородностью и строго приурочены к ландшафтным комплексам с четко выраженными рисунками на снимках. Территории в III и IV ландшафтных подзонах обладают менее высокой дешифрируемостью, но ММП, повсеместно развитые в их пределах, дешифрируются достаточно легко.

В условиях большого распространения рыхлых отложений, характерных для региона, основным индикатором ММП служит мезорельеф, с которым связана дифференциация растительного покрова. Преобладает полигонально-блочный мезорельеф с блоками и разделяющими их понижениями различного строения и размеров.

Разновидности блочного мезорельефа отображаются на снимках любого масштаба ячеистыми рисунками двух типов: четко выраженные пестрые или монотонные изображения.

По рисункам типа опознаются участки льдистых отложений (озерно-болотные, озерно-аллювиальные, ледово-морские). Дешифрирование таких снимков дает большое количество информации и хорошо отбитые геокриологические границы. Например, на обследуемых территориях на любых геоморфологических уровнях (водоразделах, речных и морских террасах) по ячеистым рисункам оконтуриваются границы участков четкого блочного мезорельефа, сложенных льдистыми суглинистыми отложениями. Эти участки характеризуются и наибольшей неоднородностью геокриологических условий — частой сменой мерзлых и талых пород и изменением свойств на небольших расстояниях. По рисункам этого типа можно ориентировочно устанавливать мощность покровных суглинков на различных уровнях. Это важно, так как на участках с повышенной мощностью этих пород нарушение растительного покрова ведет к увеличению глубин протавания и к более интенсивному развитию эрозийных процессов. Водораздельные участки блочного мезорельефа характеризуются большей мощностью покровных отложений (до 3,5 м и более), чем террасовые уровни (1,0—1,5 м), поэтому

при освоении водораздельных территорий придется встретиться с большей силой эрозии.

По рисункам второго типа выявляются участки со слабо выраженным или невыраженным блочным мезорельефом, сложенные грубозернистыми слабольдистыми отложениями (ледниковыми, флювиогляциальными, прибрежно-морскими и т. д.). При дешифрировании снимков оконтуриваются довольно крупные площади, но внутреннее строение толщ считается по относительно малому количеству данных. Однако монотонность рисунка указывает на одинаковые геокриологические условия. На любом геоморфологическом уровне нечеткие стертые рисунки свидетельствуют о заглубленном положении верхней поверхности ММП, их небольшой льдистости и относительно высокой температуре. Такие участки более благоприятны для освоения.

На снимках часто встречается типичный мелкополигональный рисунок с геометрически прямолинейными очертаниями его деталей. Такие рисунки (изображения) наиболее хорошо видны на среднемасштабных снимках. На снимках мелкого масштаба они также опознаются по дополнительному дешифровочному признаку — обилию озер различных форм и размеров. В III и IV ландшафтных подзонах по этим рисункам оконтуриваются границы льдистых торфяно-суглинистых отложений озерно-болотного генезиса. Среди них залегают характерные для региона подземные льды — эпигенетические ПЖЛ небольшого размера. Этот рисунок указывает также на отложения с самой низкой температурой. При нарушении растительного покрова во время освоения территории осадка при протаивании отложений достигает 40 см/м.

Другой аналог участков, крайне сложных для промышленного освоения, выявляется по пестрому фотоизображению. В I и II ландшафтных подзонах по этим рисункам на снимках любого масштаба оконтуриваются комплексы льдистых торфяно-суглинистых отложений и расчленяющих их талых термокарстовых понижений с новообразованиями ММП.

Менее распространены коренные породы, с которыми связано формирование азональных толщ ММП; они уверенно дешифрируются на средне- и мелкомасштабных снимках. Эти толщи устанавливаются по геометрическим рисункам водораздельных участков и специфическим рисункам речной сети (решетчатым, продольным и т. д.). Эти участки резко отличаются по геокриологическому строению от участков с рыхлыми отложениями. Коренные породы в талом состоянии, как правило, обводнены, а в мерзлом — могут местами обладать сильной льдистостью. Поэтому для практического освоения они крайне неблагоприятны.

При дешифрировании аэрофотоматериалов среднего и мелкого масштаба с них считаются сведения о генезисе и размерах таликов. Для этого используются как прямые дешифровочные признаки (присутствие рек и озер), так и приуроченность таликов к определенным комплексам отложений. Большое значение при этом имеет относительно легкое опознавание наиболее широко распространенных несквозных таликов, обуславливающих прерывистость верхнего горизонта мерзлых пород.

По дешифрированию аэрофотоматериалов можно в какой-то мере проследить динамику развития ММП. Например, удается выявить процесс современного образования ММП, идущий в талых термокарстовых котловинах, крупных понижениях и осоково-моховых болотах. По характеру

Таблица 5

## Единая таксономическая система единиц ландшафтного и геокриологического районирования

Таксономическая единица	Рекомендуемые классификационные признаки		Характер отображения на аэрофотоснимке
	Ландшафтное районирование	Геокриологическое районирование	
Тип местности	Литолого-генетическая принадлежность комплексов четвертичных отложений	Основные черты строения ММП, таликов и криогенных образований	Набор нескольких однотипных рисунков
Урочище	Характер мезорельефа и сочетание растительных группировок	Распространение, состав, льдистость и температура ММП, соотношение СТС и СМС	Единичный однотипный рисунок
Фация	Вид растительной группировки	Глубина залегания верхней поверхности ММП, их льдистость и температура, мощность СТС или СМС	Составная часть однотипного рисунка, окрашенного однотонно

распространения этих образований, читаемому по снимкам, исследователь определяет, в какой ландшафтной подзоне формирование ММП выражено наиболее интенсивно. Дешифрирование снимков повторных залетов (с разницей в 10 лет и более) позволяет проследить направленность этого процесса. Аналогичные наблюдения над динамикой криогенных процессов (растрескивания, термокарста, солифлюкции и пр.) можно сделать при дешифрировании снимков крупного и среднего масштабов.

Анализ повторных аэрофотоснимков особенно рекомендуется применять при изучении нарушений поверхности во время освоения территорий [Минкин и др., 1972; Невечеря и др., 1975]. В связи с неустойчивым тепловым состоянием горных пород региона коренные изменения в них (переход в талое или мерзлое состояние) происходят при незначительном импульсе и в быстрые сроки. В таких условиях заметные изменения выявляются по материалам повторных залетов с периодом в 2—3 года.

Со снимков крупного и среднего масштаба считается также информация о распространении геологических образований (ярей, сплывов, эрозионных форм рельефа), влияющих на распространение ММП. Эти образования опознаются по светлой окраске изображения и его вытянутой форме. Внутри них ММП залегают обычно глубже, чем на соседних участках.

На основании дешифрирования аэрофотоснимков всех масштабов выполняется геокриологическое районирование обследуемых территорий. Как уже говорилось, дешифрирование ММП основывается на ландшафтном методе, когда геокриологические условия изучаются по сумме «поверхностных» компонентов ландшафтных комплексов, открытых для непосредственного наблюдения и изучения и отображенных в рисунках аэроснимков. Иными словами, рисунок аэроснимков это — изображение ландшафтных единиц разного таксономического ранга.

Ландшафтными единицам, характеризующимся однородным внешним обликом, соответствуют одинаковые геокриологические условия. Поэтому геокриологическое районирование основано на ландшафтном районировании



Рис. 21. Участок территории в III ландшафтной подзоне

1 — первый тип местности (урочища 14, 15, 16) на пониженных участках водораздела, сложенных озерно-болотными и озерно-аллювиальными отложениями; толща ММП представлена сильнольдистыми и льдистыми глинисто-суглинистыми отложениями, сильно прерывиста, расчленена несквозными и сквозными радиационными и гидрогенными таликами; криогенные образования — термокарст, ПЖЛ, бугры пучения; 2 — второй тип местности (урочища 8, 9, 10) на повышенных участках водораздела, сложенных ледово-морскими отложениями; толща ММП представлена льдистыми и слабольдистыми супесчано-суглинистыми отложениями; прерывиста, расчленена несквозными радиационными таликами; криогенные образования — морозобойное растрескивание

и осуществляется постепенно: сначала расшифровка рисунка аэроснимка, потом установление ландшафтной единицы и только тогда выявление геокриологической единицы.

Таким образом появляется возможность разработки единой системы ландшафтного и геокриологического районирования, основанной на использовании ландшафтных индикаторов геологических и геокриологических условий, изучаемых с помощью аэрофотоснимков (табл. 5).

Следует отметить, что указанным способом рекомендуется наиболее широко пользоваться при крупно- и среднемасштабном районировании, особенно при выделении урочищ и фаций. В этом случае с аэрофотоснимков считываются вполне конкретные данные и определяются четкие границы. Районирование в мелких масштабах будет условным и схематичным, но при определенном навыке владения методом можно уверенно выделять и более крупные единицы — типы местности, включающие несколько урочищ. На рис. 21 отчетливо различимы два вида фотоизображений (рисунков) (1 и 2), которые соответствуют двум типам местности. Первый вид характеризуется сочетанием пестрых и мелкополигональных рисунков с обилием черных пятен различных размеров, а второй — совокупностью ячеистых и «стертых» рисунков. Ниже приведен перечень информации, получаемой с аэрофотоснимков при геокриологическом дашифрировании.

По снимкам крупного масштаба (от 1:5 000 до 1:10 000) выделяются: 1) границы неделимых таксономических единиц ландшафтного районирования — фаций, которым соответствуют участки с одинаковыми глубинами залегания верхней поверхности ММП, составом, льдистостью, температурой и пределами величин СТС и СМС; 2) криогенные образования — термокарстовые западины, ложбины, озера, котловины, участки новообразований ММП, бугры пучения, ПЖЛ, а также геологические образования — эрозионные формы рельефа, яреи и т. д.; 3) ориентировочные размеры таликов.

По снимкам среднего масштаба (от 1:10 000 до 1:20 000) устанавливаются: 1) границы урочищ; последним соответствуют: каждому свой комплекс поверхностных отложений, соотношение в его пределах ММП и талых пород, льдистость ММП и их температура; 2) пределы величин СМС — СТС; 3) участки распространения криогенных и геологических образований; реже оконтуриваются отдельные образования; 4) генезис и ориентировочные размеры таликов.

По снимкам мелкого масштаба (1:60 000) устанавливаются: 1) границы крупных единиц ландшафтного районирования и типов местностей; им соответствуют территории с общими чертами криогенного строения толщ ММП, таликов и особенностей криогенных образований; 2) границы геоморфологических уровней, общий характер отложений и их генетическая принадлежность: различаются крупные территории, сложенные коренными, обломочными и дисперсными породами; представляется возможность судить о характере льдистости выделенных категорий отложений и сопутствующих им подземных льдов; 3) общие сведения о тепловом состоянии поверхностных горных пород; 4) генезис и тип таликов; 5) ориентировочная оценка мощности толщи ММП, ее прерывистости в плане и на глубину; 6) наиболее крупные криогенные образования — термокарстовые озера и безводные котловины. Другие криогенные формы (мелкие термокарстовые блюдца и западины, бугры пучения, новообразования ММП, ПЖЛ и др.), не отражающиеся на фотографиях непосредственно, опознаются косвенно по их генетической связи с конкретными типами отложений и зональными условиями их распространения.

## ВЫБОР МАСШТАБА АЭРОФОТОСНИМКОВ ДЛЯ ДЕШИФРИРОВАНИЯ ПРИ ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКОЙ СЪЕМКЕ

Геокриологическая съемка является составной частью изысканий на всех стадиях проектирования инженерных сооружений. Обязательным условием, обеспечивающим точность и эффективность съемочных работ, является правильный подбор топографической основы и материалов аэрофотосъемки. Масштаб материалов аэрофотосъемки должен быть оптимальным для инженерно-геокриологических исследований, дешифрирование этих материалов должно сочетаться с остальными видами съемочных работ.

При геокриологическом дешифрировании применяются контактная печать и фотосхемы. Масштабы, виды и количество материалов аэрофотосъемки устанавливаются с учетом масштаба съемочных работ, природных условий, степени дешифрируемости района и т. д. Применительно к территориям, которые по геокриологическим условиям относятся к сравнительно

Т а б л и ц а 6

**Оптимальные масштабы аэрофотоснимков, используемых при разномасштабной геокриологической съемке**

Масштаб геокриологической съемки	Рекомендуемый масштаб аэрофотоснимков	
	всей исследуемой территории	ключевых и особо сложных участков
1:100 000	1:60 000, фотосхемы	1:20 000
1:25 000	1:20 000—1:10 000	1:10 000—1:5 000
1:10 000—1:5 000	1:10 000—1:5 000	1:5 000

легко дешифрируемым, масштаб аэрофотосъемки и наземной съемки может быть примерно одинаковым; более крупный масштаб снимков обычно применяется лишь в трудно дешифрируемых районах с весьма сложной геокриологической обстановкой, а также при обработке ключевых участков.

Используя опыт геокриологов и опыт применения аэрофотосъемки при наземных работах в равнинных районах, предлагаем следующие сочетания масштабов, которые смогут обеспечить успешное проведение исследований и составление инженерно-геокриологических карт (табл. 6).

Масштаб съемки при инженерных изысканиях зависит от сложности геокриологической обстановки и стадий проектирования.

Мелкомасштабные аэроснимки (1:60 000) и фотосхемы обеспечивают обзор крупных территорий. По этим материалам проводится типизация рек и озер, устанавливаются скрытые под рыхлым чехлом тектонические структуры разных порядков, зональные типы растительности и т. д. Эта информация позволяет выявить наиболее общие черты геокриологического строения территории: зональность ММП или ее отсутствие, ориентировочные сведения о характере залегания и мощности толщи ММП, генезисе таликов и т. д.

По аэрофотоматериалам мелкого масштаба выделяются наиболее крупные геоморфологические уровни типов местностей и отдельные их морфологические подразделения, отвечающие площадям распространения комплексов различных отложений. Для отдешифрированных категорий этих отложений дается приближенная оценка их льдистости и характера сопут-

ствующих им подземных льдов и криогенных образований, выделяются участки с различными особенностями залегания ММП.

На основании аэрофотоматериалов, аэровизуальных наблюдений и небольшого объема наземных исследований составляются схематические инженерно-геокриологические карты и карты районирования территории. Такие исследования удовлетворяют изысканиям на стадии *технико-экономического обоснования*.

Среднемасштабные аэроснимки (в масштабе 1:25 000) наиболее полно отвечают требованиям инженерно-геокриологического дешифрирования для изысканий *на стадии проектного задания*. На снимках выделяются основные компоненты местностей, уверенно дешифрируется растительный покров с дифференциацией древесных, кустарниковых и кустарничковых группировок. Хорошо различимы формы мезо- и микрорельефа, элементы гидрографической сети. Со среднемасштабных снимков считываются вполне конкретные сведения о геокриологическом строении поверхностного горизонта горных пород: их состав, льдистость, среднегодовая температура, характер распространения ММП, таликов, СТС—СМС и криогенных образований. Среднемасштабные аэрофотоснимки в комплексе с наземными исследованиями на ключевых участках — это основа для составления детальных инженерно-геокриологических карт и разрезов, которые могут быть использованы для любого вида строительства.

Крупномасштабные аэрофотоснимки применяются при съемках масштаба 1:5 000—1:10 000 для изысканий *на стадии рабочих чертежей*. Снимки обеспечивают надежное дешифрирование неделимых ландшафтных комплексов и их основных компонентов, включая микроформы рельефа, состав древесных и кустарниковых сообществ, играющих роль индикаторов инженерно-геокриологических условий. Крупномасштабные снимки в комплексе с наземной съемкой на всей территории исследования также служат основой для составления детальных инженерно-геокриологических карт и разрезов применительно к конкретным видам строительства.

## СОСТАВЛЕНИЕ ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКИХ КАРТ ПО МАТЕРИАЛАМ КАМЕРАЛЬНОГО ДЕШИФРИРОВАНИЯ

Использование аэрометодов существенно влияет на методику составления карт различного содержания и масштаба; материалы дешифрирования дают целый ряд преимуществ по сравнению с обычными методами наземного картирования. Укажем главные из них.

1. Геокриологические границы, нанесенные или откорректированные по данным дешифрирования, имеют значительно большую документальную точность рисовки, чем на картах, составленных методами наземной съемки.

2. Карты более детальны. Пользуясь изображениями на аэрофотоснимках, можно детальнее картировать различного рода геокриологические объекты. С помощью аэрофотометода выявляются не только типичные особенности ММП, но и нетипичные, узлокальные, которые почти не поддаются учету при наземной съемке.

3. Особенно эффективными оказываются возможности дешифрирования материалов аэрофотосъемки при картировании криогенных образований (бугров, жил льда и т. д.). Тщательное исследование аэрофотоснимков даже при съемках мелкого масштаба позволяет восстановить картину распространения и строения криогенных образований с полнотой, которая в ряде случаев не достигается и при значительно более крупномасштабных работах обычного типа. Изучение криогенных образований имеет большое значение для расшифровки и картирования мерзлых толщ.

4. Использование аэрометодов ускоряет процесс составления карт, так как значительная часть их нагрузки, а иногда и вся нагрузка полностью могут быть получены менее трудоемким и более быстрым путем камерального и полевого дешифрирования материалов.

Перечисленные возможности позволяют в целом ряде случаев рекомендовать составление карт по материалам камерального дешифрирования аэрофотоснимков. Основой составления таких карт служат отдешифрированные для каждой ландшафтной подзоны эталоны, соответствующие наиболее типичным для подзон геокриологическим условиям. Пользуясь эталонами и отработанными дешифровочными признаками, устанавливают характеристики мерзлых пород и таликов на ключевых участках, а затем экстраполируют их на всю картографируемую территорию путем сплошного дешифрирования в камеральных условиях. Таким способом можно получить схематические комплексные и частные геокриологические карты [Полевые геокриологические..., 1961]. При этом целесообразно, чтобы масштаб составляемой карты и дешифрируемого аэрофотоснимка был одинаковым, тогда каждый отдешифрированный аэроснимок станет фрагментом составляемой карты.

Комплексные геокриологические карты, как известно, отображают синтез основных характеристик мерзлых толщ: их распространение, состав,

строение, температуру и сопутствующие криогенные образования. По картам мелких масштабов прослеживаются зональные и региональные закономерности распространения мерзлых толщ, по крупномасштабным — конкретные геокриологические характеристики. По материалам камерального дешифрирования составляются схематические комплексные карты мелкого и среднего масштабов.

Составление геокриологической карты проходит три последовательные стадии: тип рисунка—тип ландшафта—тип ММП. Для облегчения работы составляются ландшафтно-индикационные таблицы, которые подразделяются на две части. Первая содержит эталонное фотоизображение и характеристики индикаторов (компонентов ландшафта), а вторая — объекты индикации (геологическую и геокриологическую обстановки). Пример фрагмента комплексной геокриологической карты, составленной с помощью ландшафтного дешифрирования среднемасштабного аэрофотоснимка водораздела в III ландшафтной подзоне — это рис. 22а. В левой части снимка полигональный рисунок с прямолинейными очертаниями полигонов соответствует урочищу Г<sub>14</sub> (рис. 22б, 1). В нижнем левом углу снимка крупным пятном светлого тона изображено урочище Г<sub>16</sub> (см. рис. 22б, 2). В правой части снимка крупночешуйчатый рисунок — это урочище Б<sub>9</sub> (см. рис. 22б, 3); термокарстовые озера показаны на рис. 22б, 4.

По отработанным дешифровочным признакам, соответствующим урочищам, были установлены литологический состав и геокриологические условия (характеристики).

Урочище Г<sub>14</sub> характеризуется преимущественным распространением мерзлых пород (более 50% участка), залегающим под протаявшим слоем мощностью 0,4—0,6 м; они сложены озерно-болотными сильнольдистыми торфяно-глинистыми отложениями с температурой около  $-2^{\circ}\text{C}$ . Эти отложения содержат повторно-жильные льды мощностью до 4 м, залегающие неглубоко от дневной поверхности в канавах, образующих на снимке полигональную сетку. Под полосами стока мерзлые породы расчленены радиационными несквозными (менее 20 м) таликами. В понижениях мощность СМС составляет около 1,0—1,2 м.

Урочище Г<sub>16</sub> представлено сквозным гидрогенным таликом, сложенным оторфованными суглинками озерно-болотного генезиса; сезонное промерзание не превышает 1,0 м. Небольшие площадки, приподнятые над днищем котловины, представляют собой маломощные островки льдистых новообразований ММП с температурой около  $0^{\circ}\text{C}$ ; слой протаивания составляет обычно не более 1,0 м.

К урочищу Б<sub>9</sub> следует отнести участок территории с четким блочным мезорельефом, сложенный ледово-морскими суглинистыми отложениями. Прерывистые пятна ММП занимают менее 50% его площади; отложения льдистые, температура их около  $-1^{\circ}\text{C}$ , СТС составляет 1,0—1,5 м. Под межблочными понижениями толща ММП расчленена радиационными несквозными таликами, СМС в них 1,2—1,5 м.

Под термокарстовыми озерами залегают подозерные талики. Информация о ММП, считанная со снимка, была положена в основу составления фрагмента комплексной геокриологической карты; в соответствии с границами типов урочищ снимок был расчленен на участки с определенными геокриологическими характеристиками (рис. 23).

При решении различных практических задач комплексная геокриологи-



Рис. 22. Пример использования ландшафтного дешифрирования для составления комплексной геоэкологической карты

*а* — среднемасштабный аэрофотоснимок участка водораздела в III ландшафтной подзоне

*б* — индикационная схема типов урочищ, отображенных на аэрофотоснимке

*1* — участок плоского мезорельефа с чередованием кустарничково-мохово-лишайниковой растительности на торфяных блоках (полигональная сетка) и крупных кустарников с осокой и разнотравьем в понижениях (темные полосы и пятна с белесоватыми пятнышками); *2* — термокарстовая котловина с неравномерно увлажненной поверхностью, покрытой осоково-моховой растительностью; наблюдаются сильноувлажненные (темные пятна) и обсушенные (светло-серые и белесоватые пятна) участки; *3* — участок четко выраженного блочного мезорельефа, где кустарничково-мохово-лишайниковая растительность на блоках (светлые пятна) чередуется с крупным кустарником (более 0,8 м) с разнотравьем и осокой в понижениях (темные полосы с белесоватыми пятнышками); *4* — крупные озера (черные пятна)

Характеристика поверхностных отложений: *1* — озерно-болотные отложения (торф и глины); *2* — озерно-болотные отложения (оторфованные суглинки); *3* — ледово-морские отложения (суглинки). Геоэкологические условия: *1* — «сливающиеся» ММП и маломощные несквозные талики, ММП сильнольдистые, с ПЖЛ, температура их до  $-2^{\circ}\text{C}$ , СТС  $-0,4-0,6$  м; СМС  $-1,0-1,2$  м; *2* — сквозной талик с новообразованиями ММП, льдистых, с температурой  $0^{\circ}\text{C}$ , СТС  $-0,6-0,8$  м, СМС  $-0,6-1,0$  м; *3* — «сливающиеся» ММП, чередующиеся с несквозными таликами, ММП льдистые, температура их  $1,0^{\circ}\text{C}$ , СТС  $-1,0-1,5$  м, СМС  $-1,2-1,5$  м; *4* — подозерные талики

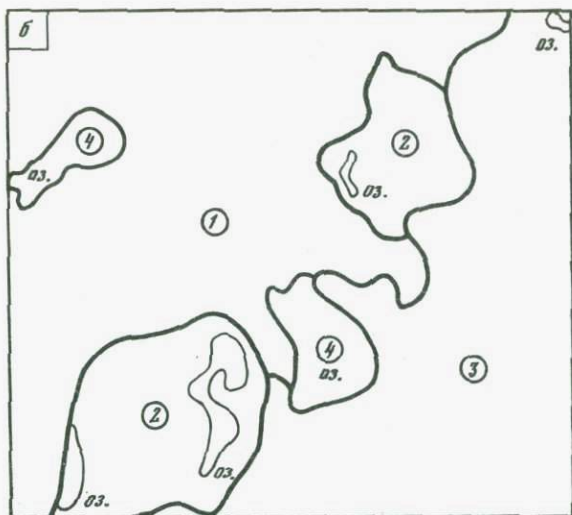


Рис. 22 (окончание)

ческая карта может быть заменена серией частных геокриологических или, в зависимости от информационной потребности, одной из них. Частные геокриологические карты отображают различные характеристики ММП: распространение, мощность, температуру, криогенные образования, сезонный слой и пр. По этим картам прослеживаются лишь некоторые особенности ММП.

Мы считаем, что наибольшее практическое значение будут иметь карты распространения ММП в плане и карты СТС и СМС. Особенности залегания мерзлых пород, присущие региону (частое чередование мерзлых и талых пород), представляют основную трудность при освоении. Крайне изменчивы также характер распространения и мощность СТС и СМС, составляющих 1/5 или 1/4 часть поверхностного десятиметрового слоя мерзлых горных пород, изучаемого для проектирования. Поэтому для проектировщиков и изыскателей учет этих параметров имеет первостепенную важность.

Карты распространения ММП могут иметь любой масштаб. Мелкомасштабные и среднемасштабные карты составляются для обширных территорий, сложенных отложениями различного типа. На таких картах можно выделять участки с различными соотношениями (в плане) мерзлых и талых пород. Крупномасштабные карты рекомендуется делать для небольших литологически однородных территорий.

Картирование СТС и СМС производится в крупном и среднем масштабах, при которых возможно разграничение участков с СТС и СМС или участков с различным их соотношением.

Пример составления фрагмента частной геокриологической карты (глубин залегания верхней поверхности ММП и СМС и СТС с различной мощностью) с помощью дешифрирования крупномасштабного аэрофотоснимка приведен на рис. 24а, б и 25. Снимок характеризует участок четко выраженного блочного мезорельефа на высокой речной террасе в III ланд-

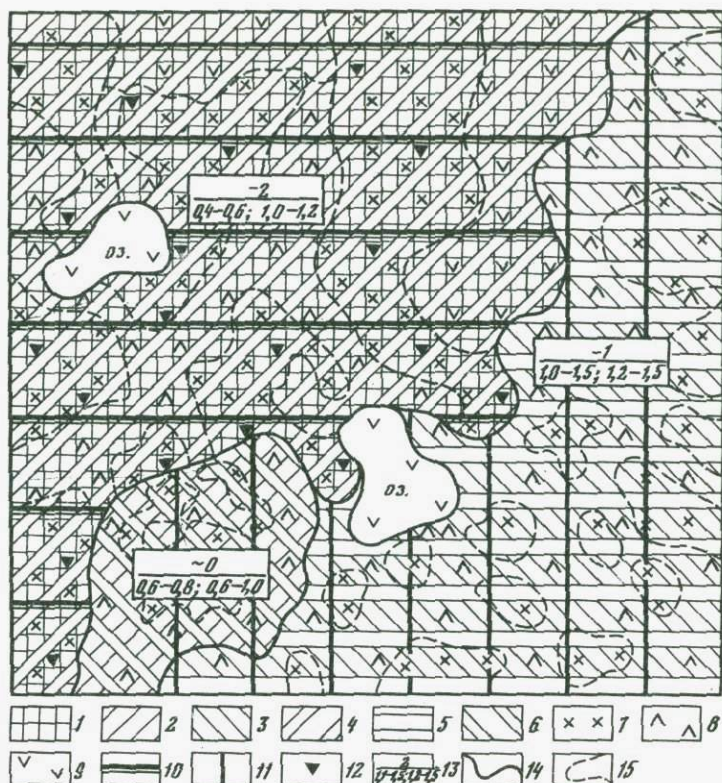


Рис. 23. Комплексная геокриологическая карта

Генетическая и литологическая характеристики мерзлых и талых отложений:

1 — озерно-болотные (*l b* III—IV) — торф и глины; 2 — озерно-болотные (*l b* III—IV) — оторфованные суглинки; 3 — ледово-морские (*g m* II—III) — суглинки; 4 — распространение мерзлых и талых отложений в плане: 4 — прерывистое (ММП > 50%); 5 — массивно-островное (ММП — 50—10%); 6 — островное (ММП < 10%); 7 — на границе сезонного слоя; 8 — до 20 м; 9 — глубже 20 м; льдистость отложений: 10 — сильнольдистые; 11 — льдистые; криогенные образования: 12 — ПЖЛ; количественные геокриологические характеристики: 13 — числитель: средняя  $t^{\circ}C$ , знаменатель: слева — СТС, м, справа — СМС, м; прочие характеристики: 14 — границы участков с различным соотношением мерзлых и талых пород; 15 — границы участков с различной глубиной залегания верхней поверхности ММП

шафтной подзоне. Участок обладает однотипным ландшафтом (урочище Г<sub>15</sub> — сочетание низкорослой кустарничково-мохово-лишайниковой растительности и крупных кустарников). Анализируя характер фотографии и зная геоморфологические особенности, можно сделать вывод, что в сложении этого участка принимают участие супесчано-суглинистые отложения озерно-аллювиального генезиса. В пределах снимка четко дешифрируются элементы ландшафта (фации), показанные на рис. 24, б, усл. обозн. 1, 2, 3, 4.

На карте, соответствующей снимку (см. рис. 25), выделены участки с различными глубинами залегания верхней поверхности ММП и СТС и СМС с различной мощностью.



Рис. 24. Пример использования ландшафтного дешифрирования для составления частной геокриологической карты

*а* — аэрофотоснимок участка речной долины в III ландшафтной подзоне

*б* — индикационная схема элементов урочищ (фаций), отображенных на аэрофотоснимке

1 — блоки с кустарничково-мохово-лишайниковым покровом (пятна светло-серого цвета); 2 — небольшие понижения с кустарником высотой до 1,0 м (узкие полосы темно-серого цвета); 3 — крупные понижения с кустарником высотой более 1,0 м (широкие полосы темно-серого цвета); 4 — низкая пойма с кустарником высотой 1,0—2,0 м (темно-серый тон); литологический состав поверхностных отложений: 1—4 — аллювиальные отложения, представленные суглинками, супесями и песками; геокриологические условия: 1 — ММП залегают под СТС в 1,3—1,6 м; 2 — несквозные талики (до 15 м), СМС — 1,2—1,6 м; 3 — несквозные талики (более 15 м), СМС — 0,6—0,8 м; 4 — сквозной пойменный талик, СМС — 0,6—0,7 м

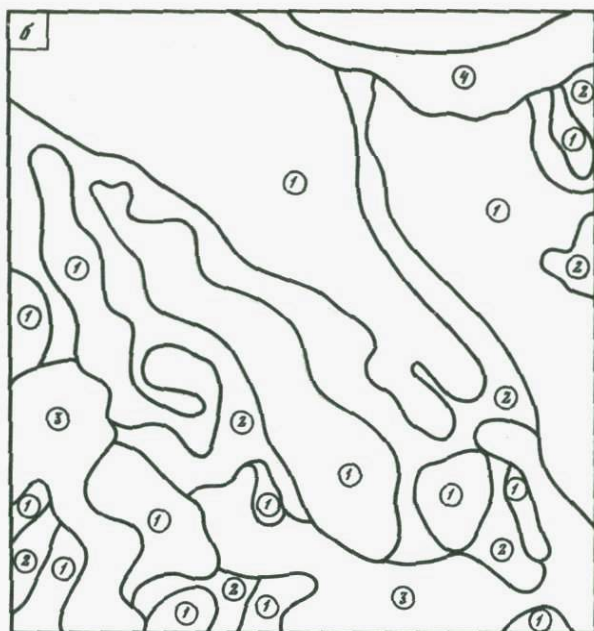


Рис. 24 (окончание)

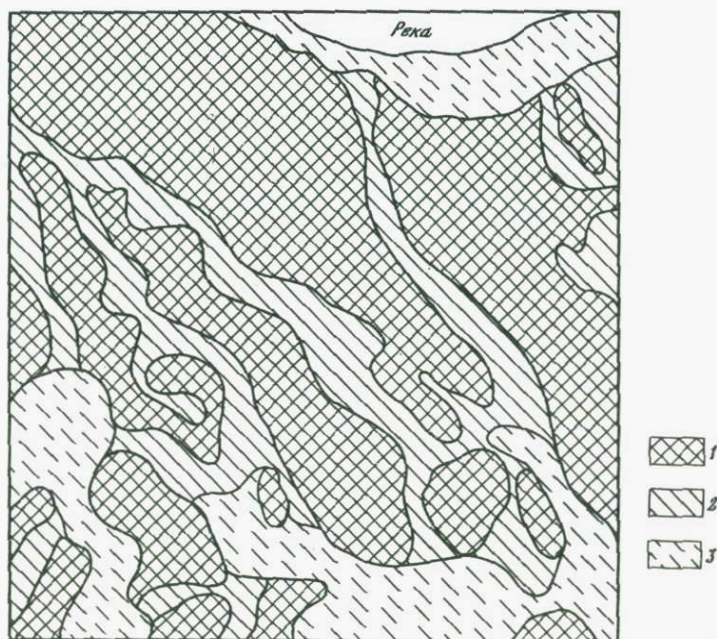


Рис. 25. Карта глубин залегания верхней поверхности мерзлых пород и мощности слоев сезонного промерзания-протаявания  
 1 — «сливающиеся» ММП, СТС — 1,3—1,6 м; 2 — ММП, залегающие до 15 м, СМС — 1,2—1,6 м; 3 — ММП, залегающие глубже 15 м, СМС 0,6—0,8 м

Рекомендуется также составлять карты распространения криогенных образований, широко распространенных в регионе и представляющих наибольшую опасность при освоении, а именно участков новообразований ММП, повторножильных льдов и термокарстовых форм рельефа. Учет всех этих форм рельефа имеет большое значение, так как они нарушают сплошность ММП по вертикали и по горизонтали и создают резкую изменчивость их льдистости и температуры на коротких расстояниях и т. д.

По мелко- и среднемасштабным аэрофотоснимкам могут быть оконтурены площади развития различных видов криогенных образований: форм пучения, повторножильных льдов, термокарстовых форм рельефа и пр. На крупномасштабных картах оконтуриваются криогенные формы рельефа, вычерчивается сетка повторножильных льдов. Создание таких карт невозможно без аэроснимков, позволяющих выявить даже мелкие формы, трудно различимые на местности, как, например, типичные для региона мелкие новообразования ММП термокарстовых котловин.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Аэроландшафтно-индикационный метод изучения ММП в настоящее время занимает большое место в инженерно-геокриологических изысканиях, особенно в северных районах страны, где обязательной составной частью этих работ является геокриологическая съемка.

Аэроландшафтная индикация основана на дешифрировании по материалам аэрофотосъемки и аэровизуальных наблюдений ландшафтных комплексов и их индикационной интерпретации в геологических и геокриологических целях. При дешифрировании этих материалов используются комплексные ландшафтные индикаторы, сочетающие элементы рельефа, растительности и гидрографической сети. Они составляют внешний видимый ярус ландшафтных комплексов, который и является индикатором невидимых внутренних компонентов.

Основным содержанием ландшафтно-индикационного анализа материалов аэрофотосъемки является выявление ландшафтных взаимосвязей, определение системы ландшафтных индикаторов и соответствующих им объектов индикации. На этой основе дается представление о наиболее типичных ландшафтных индикаторах исследуемого региона, которые являются источником выявления региональных закономерностей геологической и геокриологической обстановки.

Наибольшую эффективность дает применение этого метода при исследованиях в районах с несплошным распространением ММП, которые характеризуются тесной взаимосвязью между внешними и скрытыми компонентами ландшафтных комплексов и их отчетливым и дифференцированным отображением на аэроснимках. К таким районам относится большая часть Европейского Северо-Востока.

В настоящей работе в результате анализа большого количества материалов представлены дешифровочные признаки (ландшафтные индикаторы) геокриологических условий Европейского Севера. Однако методический подход к дешифрированию аэрофотоматериалов применим и для Западной Сибири.

Для раскрытия геокриологического содержания аэрофотоизображений использована предложенная в работе схема ландшафтного районирования. По этой схеме можно определять приуроченность районов исследований к определенным ландшафтным подзонам и выявлять присущие им особенности геокриологических условий. Изучение геокриологической обстановки в пределах исследуемых районов производится с помощью дешифрирования ландшафтных единиц разных рангов, характеризующихся определенным комплексом геокриологических условий.

Информативность аэрофотоматериалов зависит в значительной степени от их масштаба, поэтому на различных стадиях проектирования инженерных сооружений целесообразно применение аэрофотоснимков разного масштаба.

Наиболее широко используются среднемасштабные аэрофотоснимки. Основная единица среднемасштабного дешифрирования — это урочище со свойственными ему геокриологическими особенностями (составом, льдистостью, температурой мерзлых пород, СТС, СМС).

Использование материалов аэрофотосъемки при изысканиях резко сокращает объем наземных исследований, ограничивая их ключевыми участками и тем самым сокращая сроки работ и их стоимость.

В настоящее время аэрофотосъемка используется в основном для составления геокриологических карт, являющихся итогом проведения съемки. В будущем следует привлекать аэрофотосъемку к прогнозу и охране окружающей среды — к сложному, пока малоразработанному вопросу. Нарушения поверхностных условий, вызванные вырубкой леса, распашкой, гусеничным транспортом и т. д., хорошо проявляются на снимках. Такие нарушения могут даже за короткое время стать причиной развития неблагоприятных криогенных образований на больших площадях (термокарста, новообразований ММП, наледей и т. д.). Прогнозирование подобных образований может быть успешно осуществлено с помощью изучения аэрофотоснимков, фиксирующих изменения природной обстановки. Считываемая с аэрофотоматериалов информация об особенностях ландшафтов и их изменениях — основа для изучения динамики геокриологических обстановок и процессов.

С целью повышения эффективности аэрофотосъемки при инженерно-геокриологических исследованиях следует уделять большое внимание вопросам организации работ по комплексированию наземных работ и аэрофотосъемки с космическими методами и по обработке полученных материалов. В настоящее время используются преимущественно космические снимки среднего масштаба (1:200 000—1:1 000 000), но пока в небольшом объеме. Такие снимки обеспечивают получение изображения различных материалов и их частей на больших территориях, отвечающего площадям распространения генетических комплексов отложений с соответствующими им геокриологическими условиями. Более широкое их внедрение значительно увеличит объем и состав получаемой информации. Кроме того, использование космических снимков позволит получать информацию не только о поверхностных геокриологических характеристиках, как при аэрофотосъемке, но и о более глубоких горизонтах, например о строении толщи ММП по вертикали, ее мощности, конфигурации и мощности таликов.

## ЛИТЕРАТУРА

- Белкин В. И., Зархидзе В. С., Семенов И. Н. Кайнозойский покров севера Тимано-Уральской области. — В кн.: Геология кайнозоя севера Европейской части СССР. М.: Изд-во МГУ, 1966, с. 38—55.
- Воллосович К. К. Геолого-структурное районирование. — В кн.: Гидрогеология СССР. М.: Недра, 1970а, т. 42, с. 33—35.
- Воллосович К. К. Кайнозой. — В кн.: Гидрогеология СССР. М.: Недра, 1970б, т. 42, с. 54—61.
- Геокриологические условия Печорского угольного бассейна. М.: Наука, 1964, 222 с.
- Гудилин И. С., Комаров И. С. Применение аэрометодов при инженерно-геологических и гидрогеологических исследованиях. М.: Недра, 1978, 318 с.
- Зархидзе В. С. История развития Тимано-Уральской области в связи с изучением ископаемых комплексов моллюсков. — В кн.: Геология кайнозоя Европейской части СССР. М.: Изд-во МГУ, 1966, с. 56—72.
- Иванова Т. Ф. Индикационное значение мерзлотно-геологических образований для изучения мерзлых толщ. — Тр. науч.-техн. конф. Печорского бассейна. Воркута, 1970, с. 74—79.
- Иванова Т. Ф. Некоторые приемы полевого картирования мерзлых рыхлых отложений в условиях Воркутинского района. — В кн.: Мерзлотные исследования и вопросы строительства, Сыктывкар: Коми кн. изд-во, 1971, вып. 4, с. 199—204.
- Иванова Т. Ф. Дешифрирование аэрофотоснимков при мерзлотной съемке. — В кн.: Инженерные изыскания в строительстве. М.: ПНИИИС, 1973, с. 51—54.
- Иванова Т. Ф., Крылова Е. К. Некоторые особенности мерзлотных исследований при изысканиях в условиях Европейского Северо-Востока. — В кн.: Методика инженерно-геологических исследований и картирования области вечной мерзлоты. Якутск, 1977, вып. 1, с. 115—116.
- Иванова Т. Ф., Лынов В. А. Применение крупномасштабных аэрофотоснимков при исследовании мерзлых толщ в Печорском угольном бассейне. — В кн.: Тез. докл. Всесоюз. совещ. по мерзлоте. М.: Изд-во МГУ, 1970, с. 262—263.
- Иванова Т. Ф., Лынов В. А. Особенности применения аэрофотометодов при мерзлотных изысканиях в условиях Европейского Севера. — В кн.: Краткие тез. докл. III Респ. совещ. по производству инж.-геол. изысканий в районах распространения вечномерзлых грунтов. Чита, 1972, с. 44—45.
- Израилев В. М. О строении и классификации форм полигонального рельефа Воркутинского района. — В кн.: Вопросы географического мерзлотоведения и перигляциальной морфологии. М.: Изд-во МГУ, 1962, с. 98—108.
- Конищев В. Н., Тумель Н. В. Блочный рельеф как показатель литологии верхних горизонтов четвертичных отложений. — В кн.: Кайнозойский покров Большеземельской тундры. М.: Изд-во МГУ, 1963, с. 217—226.
- Костяев А. Г. Отложения покровного комплекса и блочный рельеф восточной части Большеземельской тундры. — Там же с. 148—191.
- Ландшафтные индикаторы инженерно-геокриологических условий севера Западной Сибири и их дешифровочные признаки / Е. С. Мельников, Л. И. Вейсман, Л. Н. Крицук и др. М.: Недра, 1974, 132 с.
- Ландшафтная индикация природных процессов / Под ред. А. Г. Чикишева. М.: Наука, 1976, 206 с.
- Методическое руководство по инженерно-геологической съемке масштаба 1: 200 000 (1:100 000 — 1:500 000). М.: Недра, 1978, 391 с.
- Мильков Ф. Н., Гвоздецкий Н. А. Физическая география СССР. Европейская часть СССР. Кавказ. М.: Мысль, 1969, с. 203—227.
- Минкин М. А., Бундина Л. С., Рябова С. Н. Применение методов стереофотограмметрии при анализе материалов повторных аэрофотосъемок для прогнозиро-

- вания динамики мерзлотных явлений. — В кн.: Краткие тез. докл. III Респ. совещ. по производству инж.-геол. изысканий в районах распространения вечномерзлых грунтов. Чита, 1972, с. 26—28.
- Мирошниченко В. П.* Некоторые направления тематических разработок в развитии аэрометодов. — В кн.: Ландшафтная индикация природных процессов. М.: Наука, 1976, с. 42—45.
- Москаленко Н. Г., Тагунова Л. Н.* Особенности дешифрирования аэрофотоснимков разных масштабов для инженерно-геологического картирования в центральных районах Севера Западной Сибири. — В кн.: Инженерно-геокриологические условия Севера Западной Сибири и методы их изучения. М.: ВСЕГИНГЕО, 1974, с. 41—51.
- Невечера В. Л., Москаленко Н. Г., Тагунова Л. Н.* О возможности прогноза изменения инженерно-геокриологических условий в зависимости от характера развития природно-территориальных комплексов при строительстве на Севере Западной Сибири. — Тр. ВСЕГИНГЕО, 1975, вып. 98, с. 16—34.
- Некрасов И. В.* Перспективы использования аэрокосмических методов в геокриологии. — В кн.: Аэрокосмические исследования Земли. М.: Наука, 1979.
- Оберман Н. Г.* Региональные особенности мерзлой зоны Тимано-Уральской области. — Изв. вузов. Геология и разведка, 1974, №11, с. 98—103.
- Овчинников О. П.* Схема инженерно-геологического районирования Воркутинского промышленного района. — В кн.: Мерзлотные исследования и вопросы строительства: Тр. Сев. отд. НИИ основ. и подзем. сооружений. Сыктывкар: Коми кн. изд-во, 1967, вып. 3, с. 139—154.
- Полевые геокриологические (мерзлотные) исследования: Методическое руководство. М.: Изд-во АН СССР, 1961, 423 с.
- Попов А. И.* Покровные суглинки и полигональный рельеф Большеземельской тундры. Вопросы географического мерзлотоведения и перигляциальной морфологии. М.: Изд-во МГУ, 1962, с. 109—132.
- Протасьева И. В.* Аэрометоды в геокриологии. М.: Наука, 1967. 196 с.
- Рекомендации по методике проведения мерзлотных исследований при изысканиях в условиях пластично-мерзлых грунтов. Сыктывкар: Коми кн. изд-во, 1971. 168 с.
- Садов А. В., Ревзон А. Л.* Аэрокосмические методы в гидрогеологии и инженерной геологии. М.: Недра, 1979. 222 с.
- Суходольский С. Е.* К вопросу классификации таликов европейского Северо-Востока. — В кн.: Мерзлотные исследования. М.: Изд-во МГУ, 1969, вып. 9, с. 162—163.
- Суходольский С. Е.* Закономерности распространения и формирования криолитозоны Северо-Востока Европейской части СССР. — В кн.: Общее мерзлотоведение: Материалы к III Междунар. конф. по мерзлотоведению. Новосибирск: Наука, 1978, с. 5—14.
- Ускоренные методы инженерно-геокриологического изучения нефтегазоносных районов Западной Сибири на основе ландшафтной индикации. — Тр. ВСЕГИНГЕО, 1973, вып. 62. 139 с.
- Хортон Р. Е.* Эрозионное развитие рек и водосборных бассейнов. М.: Изд-во иностр. лит., 1948, 159 с.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение . . . . .	3
Физико-географические особенности ландшафтов — основа геокриологической информативности аэроснимков . . . . .	5
Дешифровочные признаки . . . . .	5
Методика геокриологического дешифрирования . . . . .	11
Аэровизуальные наблюдения при геокриологических исследованиях . . . . .	16
Дешифрирование геокриологических условий . . . . .	19
I ландшафтная подзона . . . . .	19
II ландшафтная подзона . . . . .	23
III ландшафтная подзона . . . . .	25
IV ландшафтная подзона . . . . .	35
Дешифрирование криогенных и геологических образований и процессов . . . . .	47
Значение дешифрирования аэрофотоснимков при инженерно-геокриологических исследованиях . . . . .	50
Особенности использования аэрометодов при изысканиях . . . . .	50
Информационная емкость аэрофотоснимков различных масштабов . . . . .	51
Выбор масштаба аэрофотоснимков для дешифрирования при геокриологической съемке . . . . .	56
Составление геокриологических карт по материалам камерального дешифрирования . . . . .	58
Заключение . . . . .	66
Литература . . . . .	68

Тамара Федоровна И в а н о в а

**ПРИМЕНЕНИЕ АЭРОМЕТОДОВ  
ПРИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКИХ  
ИЗЫСКАНИЯХ**

*Утверждено к печати  
Производственным  
и научно-исследовательским институтом  
по инженерным изысканиям в строительстве  
Госстроя СССР*

Редактор *Т.Ю. Маренина*

Редактор издательства *О.М. Ванюкова*

Художник *Л.И. Лобова*

Художественный редактор *М.В. Версоцкая*

Технические редакторы *А.Л. Шелудченко,*

*Г.П. Каренина*

ИБ № 24257

Подписано к печати 11.08.82. Т — 15927  
Формат 60x90 1/16. Бумага офсетная № 1  
Гарнитура литературная (фотонабор)  
Набор изготовлен  
во 2-й типографии издательства "Наука"  
Усл.печ.л. 4,5. Усл.кр.-отт. 4,8  
Уч.-изд.л. 5,1. Тираж 600 экз. Тип.зак. 1946  
Цена 75 коп.

Издательство "Наука", 117864 ГСП-7,  
Москва В-485, Профсоюзная ул., д. 90  
Ордена Трудового Красного Знамени  
1-я типография издательства "Наука",  
199034, Ленинград, В-34, 9-я линия, 12

## В ИЗДАТЕЛЬСТВЕ "НАУКА"

в 1982 г. выходит из печати:

Шило Н.А., Ложкин А.В., Титов Э.Э., Шумилов Ю.В. Киргиляхский мамонт (палеогеографический аспект). / Северо-Восточный компл. науч.-исслед. ин-т ДВНЦ АН СССР. — М.: Наука, 1982 (IV кв.). — 13 л. — 2 р. — 1500 экз. 1904010000.

Монография посвящена уникальной биологической и геологической находке — единственному в мире полностью сохранившемуся в мерзлых отложениях трупу молодого мамонта, обнаруженному в долине ручья Киргилях в верховьях Колымы в июне 1977 г. Авторы имели возможность изучить мамонта непосредственно на месте его находки и осуществить комплекс геолого-геоморфологических и палеоботанических исследований. Результаты изучения позволили реконструировать ландшафтные и климатические условия района обитания мамонта, существовавшие около 40 тыс. лет назад.

Для специалистов в области естественных наук и всех интересующихся палеогеографией.

Табл. 23, библи. 157 назв. ил. 47.

Книги можно предварительно заказать в магазинах Центральной конторы "Академкнига", в местных магазинах книготоргов или потребительской кооперации без ограничений.

Для получения книг почтой заказы просим направлять по адресу: 177192 Москва В-192, Мичуринский проспект, 12, магазин "Книга — почтой" Центральной конторы "Академкнига"; 197110 Ленинград П-110, Петрозаводская ул., 7, магазин "Книга — почтой" Северо-Западной конторы "Академкнига" или в ближайший магазин "Академкнига", имеющий отдел "Книга — почтой".

75 коп.

3942