МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА
ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ТРАНСПОРТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

УТВЕРЖДАЮ
Зам. директора института
Н. Б. СОКОЛОВ
13 декабря 1982 г.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫБОРУ КЛЮЧЕВЫХ УЧАСТКОВ ПРИ АЭРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЯХ В РАЙОНАХ ВЕЧНОЙ МЕРЗЛОТЫ

Одобрены Главтранспроектом

Москва 1983

gost.e-ecolog.ru

ПРЕДИСЛОВИЕ

В Рекомендациях рассмотрены принципы использования метода ключевых участков при крупномасштабных инженерно-геологических дорожных изысканиях.

В Рекомендациях описана технологическая последовательность работ по составлению инженерно-геологических карт, указаны требования к подобным картам, обоснованы оптимальные масштабы используемых аэрофотоматериалов, разработана методика экстраполяции полученных на ключевых участках результатов на всю территорию, описана используемая аппаратура.

Работа составлена на основе исследований, проведенных на объектах Мосгипротранса в восточных районах СССР, и предназначена для использования при проведении площадных инженерно-геологических изысканий под дорожное строительство.

Рекомендации составлены инж. В.Б.Достоваловым при участии инж. Л.Г.Молозевой.

Зав.отделением изысканий
и проектирования железных
дорог

А.М.Ковлов

I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

I.I. Недостаточная изученность, плохая проходимость, значительные площади осваиваемых территорий, сжатые сроки требуют широкого внедрения в практику инженерно-геологических исследований, в том числе и под дорожное строительство, новых прогрессивных методов, максимально использующих результаты дешифрирования аэро- и космических материалов, современную технологию изысканий.

Одним из таких методов, использующих возможности неконтактного изучения земной поверхности с помощью дешифрирования аэрофотоматериалов в сочетании с глубокими наземными исследованиями на ограниченных, заранее выбранных площадях, является метод ключевых участков или ключевой метод.

Метод ключевых участков основан на закономерных связях между составом, свойствами и состоянием горных пород и внешним обликом поверхности, сложенной данными породами. Характерные особенности облика поверхности являются ландшафтными индикаторами этих пород в рассматриваемом их состоянии, а особенности аэрофотографического изображения ландшафтных индикаторов - их дешифровочными признаками.

Изучение закономерностей связи между обликом земной поверхности и ее внутренним строением производится на типичных участках территории - ключевых участках - с целью выявления как внешних, видимых на аэрофотоматериалах компонентов ландшафта (ландшафтных индикаторов), так и внутреннего строения поверхности, которое определяет, в частности, инженерно-геологические условия.

К л ю ч е в о й у ч а с т о к - это участок территории инженерно-геологического картирования, выбранный для проведения комплексных детальных исследований с целью получения данных для экстраполяции на всю изучаемую площадь.

Ключевой участок (или участки) должен назначаться таким образом, чтобы на нем находились типичные представители всех видов объектов, подлежащих картированию.

В случае обнаружения в ходе полевых работ объектов, отличных от изучаемых на ключевых участках, первые должны быть детально исследованы дополнительно.

При большой протяженности полосы съемки и ограниченной ее ширине необходимо назначать, во-первых, вытянутые по очертаниям ключевые участки (ключевые профили) и, во-вторых, относительно большое, по сравнению с площадной съемкой, количество ключевых участков. При этом следует широко использовать инженерно-геологическое районирование по результатам предварительного дешифрирования.

В районах, характеризующихся частой сменой литолого-генетических комплексов, широким развитием трещинной тектоники, высокой степенью изменчивости грунтов, могут быть выделены участки трассы, на которых метод ключевых участков не может быть применен.

I.2. По своему назначению ключевые участки следует подразделять на общие и специализированные [I].

Ключевые участки общего назначения следует выбирать для определения состава горных пород, направления и характера его изменчивости, состояния и водно-физических свойств горных грунтов и грунтовых вод в типичных условиях. Критерии типичности выводят, исходя из имеющейся информации об изучаемом регионе; они могут быть различными для регионов с разной степенью изученности. Ключевые участки общего назначения могут быть центральными (эталонными), т.е. расположенными в центре изучаемого геологического поля, и граничными. Граничные ключевые участки располагаются поперек границ между геологическими полями и назначаются для изучения качественного и количественного изменений состава, состояния и свойств грунтов в граничных условиях.

Ключевые участки специализированного назначения необходимо выделять для изучения отдельных территорий, отличающихся своеобразием инженерно-геологических условий и требующих по той или иной причине детального изучения (в местах развития геологических процессов, выходов на поверхность подземных вод и др.).

При определении размеров ключевых участков общего назначения следует стремиться к тому, чтобы они охватывали все основные литолого-генетические комплексы горных пород, главные структурные элементы района, все основные типы многолетне- и сезонномерзлых толщ, а также все типы современных геологических процессов и основные виды природно-территориальных комплексов (ПТК) [2].

Площадь ключевых участков может изменяться от двух-трех квадратных километров до нескольких десятков квадратных километров [3].

I.3. При работе на ключевых участках с применением аэрофотоснимков помимо выбора типичных ландшафтов и к л ю ч е в ы х и л и э т а л о н н ы х о б ъ е к т о в нужно подбирать аэроснимки этих объектов, выполненные в аналогичных с рабочими комплектами условиях, - аэрофотографические эталоны с изображением эталонных объектов. Эталонные аэроснимки или аэрофотоматериалы подразделяются на специальные и комплексные эталоны.

С п е ц и а л ь н ы е эталоны должны содержать характеристику только одного какого-либо элемента ландшафта; такие эталоны удобны при узкой специализации исследований, но мало пригодны для комплексного дешифрирования, основанного на анализе всех элементов ландшафта.

К о м п л е к с н ы е эталоны должны предусматривать разработку таблиц дешифровочных признаков, составленных по всем компонентам ПТК, и являться основной формой эталонирования при ключевом методе исследований.

По сложности изображенных объектов эталоны следует делить на простые (элементарные) и сложные. П р о с т ы е эталоны должны демонстрировать типичное аэрофотоизображение какого-либо объекта или группы однородных объектов, выделенных из целого комплекса разнородных образований, показанных на снимке. На с л о ж н ы х эталонах должны быть показаны сочетания территориально связанных между собой объектов, изображенных на снимке. Сложные эталоны следует считать основным видом эталонирования при инженерно-геологических изысканиях с применением ключевого метода.

Используемые при геологических исследованиях эталоны (эталонные аэрофотоснимки) в основном относятся к группе л а н д ш а ф т н ы х эталонов, отображающих различные территориальные сочетания объектов, и к группе элементарных эталонов, отображающих отдельные элементы поверхности, характерные обычно для современных геологических процессов, - оплывины, отдельные солифлюкционные террасы, бугры пучения, небольшие термокарстовые понижения или те же явления, но на ранних стадиях развития и др.

В качестве эталонов должны использоваться отдельные аэроснимки рабочих комплектов контактных отпечатков (стереопары или стереотриады), выполненных для данной территории. При инженерно-геологическом картировании следует использовать комплекты аэрофотоснимков, выполненные специально для топографического обеспечения дорожных изысканий и имеющие масштаб от I:5000 до I:I2000. При отсутствии

специализированной аэрофотосъемки целесообразно использовать материалы, выполненные территориальными управлениями ГУГК СССР и имеющие масштаб порядка 1:17000.

При эталонировании, проводимом на ключевых участках, необходимо составлять таблицы ландшафтных индикаторов инженерно-геологических условий и их дешифровочных признаков. В качестве дешифровочных признаков следует принимать геоморфологическое положение и особенности рельефа поверхности, растительный покров, микрорельеф(текстуру) поверхности, гидрографию(дренажную сеть), фототон, трещиноватость, очертания естественных границ природных комплексов, видимые результаты деятельности человека.

Полевые исследования на ключевых участках должны выявлять инженерно-геологические характеристики полей, образующих изучаемую территорию и отраженных на эталонных аэроснимках и в таблицах ландшафтных индикаторов и их дешифровочных признаков, и отдельные (точечные) объекты, выявляемые дешифрированием и имеющие инженерное значение.

Получение этих трех видов информации (аэрофотоизображения [1], описаний ландшафтных индикаторов и их дешифровочных признаков, инженерно-геологических характеристик) является основой составления инженерно-геологических карт на всю площадь исследуемой полосы варьирования в пределах данного инженерно-геологического участка или близких по геологическому строению участков.

Схема инженерно-геологических изысканий должна включать следующие периоды:

I. П р е д п о л е в о й п е р и о д:

сбор и анализ литературных и фондовых материалов о районе исследований по географии, геологии, геофизике и специализированному дешифрированию аэро- и космических материалов;

предварительное выявление частных и комплексных ландшафтных индикаторов инженерно-геологических условий путем сопоставления географических и геофизических данных и материалов специализированного дешифрирования (альбомов-каталогов эталонных аэро- и космических снимков, коротких аннотированных списков по данному региону или регионам) с имеющимися геологическими и инженерно-геологическими материалами;

---

[1] Имеются в виду стереомодели поверхности.

подбор и предварительное дешифрирование аэрофотоматериалов по всем вариантам полос варьирования изыскиваемой трассы, составление инженерно-геологической карты предварительного дешифрирования (при недостатке материалов – ландшафтно-ситуационной карты) в выбранной системе условных обозначений[1] и схемы ландшафтного районирования;

составление типологических рядов инженерно-геологических областей и соответствующих им ландшафтных районов, инженерно-геологических районов (ландшафтов);

составление предварительных схем (таблиц) ландшафтных индикаторов и их дешифровочных признаков;

расчет и назначение ключевых участков, опорных увязочных маршрутов аэровизуальных наблюдений.

II. Полевой период[2]:

комплекс аэровизуальных наблюдений и рекогносцировочных наземных маршрутов с целью уточнения структуры ландшафтов района изысканий, выявления дополнительных дешифровочных признаков ландшафтных индикаторов, уточнения положения намеченных в предполевой период ключевых участков и подходов к ним;

наземные исследования на ключевых участках, в том числе горно-проходческие и геофизические работы, ландшафтно-индикационные наблюдения, детальное дешифрирование аэрофотоснимков и составление рабочих таблиц дешифровочных признаков ландшафтных индикаторов инженерно-геологических условий, обследование и составление описаний отдельных точечных инженерно-геологических объектов;

поиски и разведка месторождений строительных материалов как на ключевых участках, так и вне их, проведение увязочных маршрутов и выполнение контрольных горнопроходческих работ вне ключевых участков;

составление полевой инженерно-геологической карты и продольного профиля.

---

[1] Пример системы условных обозначений для детальных инженерно-геологических карт см. в главе 3.

[2] При недостаточном количестве исполнителей или значительной площади территории исследований полевой период может проводиться в течение двух и более полевых сезонов.

Ш. К а м е р а л ь н ы й п е р и о д :

окончательная обработка материалов по всем видам исследований;

составление на основе сплошного детального дешифрирования аэрофотоматериалов окончательной инженерно-геологической карты, продольного профиля и поперечников, планов месторождений строительных материалов, гидрогеологических и геоморфологических карт отчета.

2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ ПОД ДОРОЖНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДА КЛЮЧЕВЫХ УЧАСТКОВ

Задачи инженерно-геологической съемки под транспортное строительство. Масштабы съемки

2.I. Инженерно-геологические исследования под дорожное строительство должны обеспечить решение следующих основных задач [4] :

изучение грунтовой толщи, гидрогеологических и мерзлотных условий, физико-геологических процессов и явлений в районах прохождения вариантов трассы новой железной дороги, как факторов, определяющих устойчивость земляного полотна, обеспечивающих надежность эксплуатации дороги;

разведка грунтов оснований сооружений с целью получения исходных данных по физико-механическим свойствам грунтов, необходимых для расчета фундаментов при проектировании зданий и сооружений;

изучение грунтов как среды, вмещающей инженерное сооружение для проектирования тоннелей и выемок;

поиск и разведка месторождений строительных материалов для возведения насыпей и балластировки пути;

составление прогнозов возможного воздействия сооружений проектируемой дороги на природную обстановку для разработки эффективных мер по охране окружающей среды.

Важнейшим элементом комплекса мероприятий, обеспечивающего выполнение поставленных задач, является составление подробных инженерно-геологических карт по всем вариантам трасс новой железной дороги [5] .

При инженерно-геологических изысканиях под дорожное строительство в сложных геологических условиях (третья категория сложности) необходимый объем информации на стадии ТЭО обеспечивается съемкой масштаба не менее I:25000 (предпочтительнее I:I0000) с шириной полосы варьирования от 3 до 3,5 км. Для технорабочего проектирования требуется масштаб съемки не менее I:I0000 с шириной полосы варьирования 2 км[I], а на особо сложных участках I:5000 и крупнее.

Поисковая съемка на месторождения балластных и других строительных материалов производится в полосе до 2 км от трассы в каждую сторону [4] .

Инженерно-геологические изыскания под железнодорожное строительство должны обеспечиваться детальными исследованиями и крупномасштабной съемкой практически на всех стадиях работ с повышением объема наземных исследований к конечным стадиям.

Предполевой период

2.2. Предполевой период является обязательным в технологическом цикле инженерно-геологической съемки по методу ключевых участков. В этот период необходимо выполнять следующие работы.

2.3. *Изучение фондовых и литературных материалов о территории изысканий.* Проводится анализ материалов по геологии, географии, инженерной геологии, гидрогеологии и геофизике, а для территорий, связанных с распространением многолетнемерзлых грунтов, – и по региональному мерзлотоведению. Следует использовать также отчеты (объяснительные записки) о крупномасштабной государственной геологической съемке, проводимой Министерствами геологии СССР и РСФСР. Должны быть сделаны необходимые выкопировки из имеющихся картографических материалов, масштаб которых, в ряде случаев, целесообразно привести к масштабу планируемых работ. Особое внимание следует уделять геологии рыхлых отложений, поверхностным водам, трещинной тектонике, современным геологическим процессам и явлениям, климату, составу и закономерностям распределения растительности, мерзлотным условиям.

[I] Данные Мосгипротранса.

2.4. При предварительном изучении природной обстановки на обследуемой территории следует проводить анализ эталонных аэроснимков изучаемого региона или сходных с ним по природным условиям. Эталонные аэроснимки позволяют с большой полнотой изучить ландшафтные комплексы района работ, наметить связи между внешними (физиономическими) признаками ландшафтов и их внутренним строением.

2.5. Параллельно с изучением литературных и фондовых материалов следует производить подбор картографических и аэрофотографических материалов. Для проведения инженерно-геологических дорожных изысканий с применением аэрометодов наиболее удобны контактные отпечатки залетов, выполненных для составления детальной топоосновы вдоль трассы изыскиваемого варианта железной дороги. Такие аэросъемки должны выполняться специализированными авиаподразделениями, в состав которых входят сотрудники проектно-изыскательского учреждения, заказавшего данный вид работ (опыт Мосгипротранса). В результате этих работ предприятие получает аэрофотоснимки заранее заданного масштаба на всю интересующую его территорию. Аэрофотосъемочные работы следует выполнять в масштабе от 1:5000 до 1:12000, то есть как наиболее удобном не только для составления топографической основы, но и для проведения инженерно-геологического дешифрирования. Снимки должны удовлетворять следующим требованиям: продольное перекрытие аэроснимков по маршруту должно составлять не менее 60 % (для сильно расчлененной местности 75 %), поперечные перекрытия должны составлять 40 % .

При отсутствии материалов собственных специализированных аэросъемок следует использовать аэроснимки, выполненные специализированными предприятиями ГУГК.

Для нормальной работы следует иметь не менее трех комплектов контактной печати (аэроснимков), два из которых выполнены на матовой бумаге. При необходимости изготовления фотосхем или фотопланов число комплектов контактной печати увеличивают до пяти.

Аэроснимки на матовой бумаге следует использовать для камерального и полевого дешифрирования в карандаше. Тушью "поднимаются" только окончательно установленные границы или объекты. Третий (глянцевый) комплект аэроснимков является контрольным.

Кроме контактной печати (аэроснимков), на всю обследуемую территорию (площадь полос варьирования по всем конкурирующим вариан-

ным трассе) необходимо изготавливать "приведенные фотопланы" (соответствуют по масштабу и по площади стандартным листам топографической карты или масштабу проводимой инженерно-геологической съемки) или фотосхемы и репродукции с них. Репродукции изготавливают в количестве четырех-пяти комплектов и используют как основу для карт предварительного дешифрирования, фактического материала, инженерно-геологического прогнозирования (при необходимости совмещенной с картой месторождений строительных материалов), окончательной инженерно-геологической карты. Один комплект репродукций следует использовать как контрольный экземпляр.

Для удобства работы с контактной печатью составляют накидные монтажи по каждому аэросъемочному участку и изготовляют репродукции с них в масштабе I:3-4 по отношению к контактной печати. Изготавливают до трех комплектов репродукций накидных монтажей.

Для определения числовых характеристик региона - относительных превышений, углов наклона склонов, абсолютных отметок - необходимо на всю территорию иметь топографические карты масштабов I:25000-I:50000. Карты используются как справочный опорный или обзорный материал.

2.6. На основе анализа литературных и фондовых материалов, имеющихся альбомов-каталогов эталонных аэроснимков, предварительного анализа полученных аэрофотоматериалов (в основном фотопланов и фотосхем) и крупномасштабных топографических, геоморфологических, геологических карт, карт растительности, современной тектоники и т.п., составляют таблицы условных обозначений и, если позволяют собранные материалы, таблицы ландшафтных индикаторов (дешифровочных признаков) комплексных и частных, прямых и косвенных [6].

Таблицы условных обозначений для детальных инженерно-геологических карт [7] должны отражать современный уровень представлений об объектах, подлежащих картированию, и соответствовать возможностям инструмента картирования - разрешающей способности методик и приемов картирования.

Необходимо, чтобы условные обозначения, разрабатываемые для каждого конкретного региона, обеспечивали хорошую наглядность инженерно-геологических карт, что, в свою очередь, облегчает выявление природных закономерностей в размещении тех или иных групп картируемых объектов.

Системы условных обозначений должны раскрывать всю полноту генетического и вещественного состава рыхлых отложений,

слагающих изучаемую территорию, охватывать группы коренных пород, влияющих на инженерно-геологические условия или являющихся объектом разработок в качестве строительного материала, отображать тектонические, гидрогеологические и мерзлотные условия. Особое внимание в условных обозначениях следует уделить современным геологическим процессам и явлениям, влияющим на инженерно-геологическую обстановку. Кроме того, в условных обозначениях должны быть показаны необходимые элементы геоморфологического строения картируемой территории: различные виды склонов и водоразделов, элементы речных долин, особенности взаимосвязей между геоморфологическими элементами. Условные обозначения для карт предварительного дешифрирования должны отражать степень надежности выявления границ тех или иных объектов или самих инженерно-геологических объектов, подлежащих картированию [8].

При составлении системы условных обозначений следует учитывать, что для каждого региона необходима разработка специально для него составленной таблицы условных обозначений, учитывающей его индивидуальные особенности.

В качестве примера приведены условные обозначения, разработанные в ЦНИИСе для участка трассы БАМ от Тынды до Ургаль (приложение I).

2.7. Масштаб инженерно-геологической съемки или кондиционность исследований следует определять на основе анализа литературных и фондовых материалов, геологических, геоморфологических и топографических карт, имеющихся аэрофотоматериалов и альбомов-каталогов эталонных аэроснимков, предварительной системы условных обозначений.

Наиболее оптимальные масштабы инженерно-геологической съемки, назначаемые исходя из стадии дорожных изысканий и сложности изучаемого региона, приведены в табл. I.

Таблица I

Стадия дорожного проектирования	Масштабы категорий сложности региона		
	I	II	III
ТЭО	I:50000	I:25000	I:25000
ТП	I:25000	I:25000 I:10000	I:10000
РЧ	I:10000	I:10000 I:5000	I:5000

На отдельные, наиболее сложные в инженерно-геологическом отношении участки, масштаб исследований должен быть увеличен.

2.8. Предварительное дешифрирование полученных аэрофотоматериалов. Проводится по принятой предварительной легенде для составления инженерно-геологической (или ситуационной – при недостатке материалов) карты предварительного дешифрирования на всю территорию изысканий. Дешифрирование должны проводить специалисты, которые будут участвовать в полевых работах. Работа выполняется на стереомоделях, т.е. с применением зеркально-линзовых стереоскопов (ЗЛС), дешифровочных стереоскопов (ДС-2, ДС-3, ДС-4) или других приборов, обеспечивающих стереоскопическое изучение аэроснимков и возможность отрисовки на них необходимых контуров, нанесение внемасштабных значков и индексов. Работа должна выполняться в карандаше на матовых аэроснимках через один снимок, что обеспечивает просмотр и дешифрирование всей исследуемой площади.

При инженерно-геологическом дешифрировании, в первую очередь, необходимо и анализировать особенности рельефа местности, рельефообразующие процессы и взаимосвязанные с ними процессы разрушения коренных пород и накопления рыхлых отложений, заболоченные и гидрогеологические условия.

В задачу предварительного инженерно-геологического дешифрирования аэроснимков входит:

установление границ распространения рыхлых отложений и границ литологических комплексов коренных образований;

определение генетических комплексов рыхлых отложений, их границ и границ "инженерно-геологических фаций" внутри комплексов;

установление, по возможности, состава рыхлых отложений и коренных пород;

выявление современных процессов и явлений, имеющих инженерно-геологическое значение;

выявление элементов трещинной тектоники;

определение перспективности поиска месторождений строительных материалов.

Рыхлые отложения выявляют на основании прямых и косвенных признаков. При этом наряду с прямыми (геометрическими формами объектов, их фототоном или цветом) наибольшее значение имеют геоморфологические и геоботанические дешифровочные признаки. По геоморфологическим признакам устанавливают характерные генетические особенности рельефа обследуемой территории и одновременно изучают формы мезо- и микрорельефа, характеризующие поверхность самих четвертичных отложений, и систему их дренажной сети.

Инженерно-геологическое дешифрирование с использованием геоботанических признаков должно проводиться с учетом физико-географических условий и климатических особенностей изучаемого региона. В большинстве случаев удается установить связь между литологией отложений и их физическим состоянием с одной стороны, почвами и растительностью - с другой. В этих случаях почва и растительность выступают в роли индикаторов внутренних свойств рыхлых отложений.

Результаты дешифрирования со снимков переносят в карандаше на фотоплан (фотосхему), выполненный на матовой бумаге.

Целесообразно при переносе выявленных границ оконтуривать на фотоплане сначала один наиболее протяженный элемент рельефа, например речную долину, затем наращивать площадь карты, достраивая к нанесенному контуру контуры других элементов. При этом возникает необходимость многократного просмотра (и дополнительного дешифрирования) комплекта аэроснимков, что существенно повышает полноту и достоверность полученных при дешифрировании материалов.

После отрисовки всей площади дешифрирования на планшете и увязывания выявленных границ в местах сбивки с соседними планшетами фотоплана все выполненные на данном листе фотоплана контуры и их индексы следует "поднять" тушью.

П о л о ж е н и е т р а с с ы изыскиваемой железной дороги, перенесенной с топокарт на снимки, а затем на фотопланы (или фотосхемы), целесообразно показывать в карандаше для удобства уточнения положения этой трассы после проведения рекогносцировочных маршрутов и "привязки" фактического положения трассы (или магистрального хода) к снимкам. Уточненное положение трассы на планшетах фотопланов закрепляется тушью.

Комплект фотопланов с отрисованными контурами и внемасштабными значками мелкоразмерных инженерно-геологических объектов, вы-

полненными в соответствии с принятой системой условных обозначений, а также с нанесенной трассой изыскиваемой дороги (или магистральным ходом вдоль предполагаемой трассы), можно использовать как карту предварительного инженерно-геологического дешифрирования или, при недостатке фондовых и литературных материалов и отсутствии специализированных альбомов-каталогов эталонных аэроснимков, ситуационную карту предварительного дешифрирования.

2.9. Карты предварительного дешифрирования, являясь сводным материалом по всей площади изысканий, позволяют произвести предварительную инженерную оценку территории, провести сравнительный анализ конкурирующих вариантов трассы изыскиваемой железной дороги.

Карты предварительного дешифрирования должны являться основой для организации дальнейших исследований данной территории по методу ключевых участков с использованием аэрофотоматериалов. Как дополнительный справочный материал следует использовать крупномасштабные геологические карты (или литологические карты коренных пород). Анализ карты предварительного дешифрирования следует начинать с подсчета суммарных площадей, занятых каждым типом отложений, выделенным в соответствии с легендой. При фиксированном положении трассы можно подсчитывать суммарную длину пересечений трассой площадей развития каждого типа отложений или полей с одинаковыми[1] инженерно-геологическими условиями. Отношение суммы площадей каждого типа ко всей площади изучаемой территории или суммарной длины пересечений полей одного типа ко всей длине трассы является показателем встречаемости. При последнем способе определения показателя встречаемости часть полей, входящих в полосу варьирования и влияющих на инженерно-геологические характеристики трассы, могут оказаться в стороне (не быть пересеченными) от трассы. В этом случае необходимо определять встречаемость полей инженерно-геологических объектов, которая пропорциональна отношению суммарных длин пересечений данного поля трансектами к общей длине трансект, пересекающих всю площадь съемки. Трансекты – прямые, направленные вкрест простиранию трассы и расположенные на равных расстояниях друг от друга. Частота их зависит от сложности инженерно-геологического строения территории (или генотроты ландшафтно-ситуационной карты).

---

[1] Понятие, позволяющее объединять различные по пространственному положению поля под одной рубрикой условных обозначений.

При площадных инженерно-геологических изысканиях трансекты располагаются поперек априорно определенных главных направлений изменчивости состава, состояния и свойств грунтов. Интервал между трансектами определяют по минимальному из средних вероятных линейных размеров объектов, выделенных в легенде и имеющих площадное распространение [9].

Предварительное инженерно-геологическое районирование территории, необходимое для назначения ключевых участков, проводят, исходя из совместного анализа карты предварительного дешифрирования и крупномасштабных геологических карт, позволяющих определять литологию коренных грунтов. При отсутствии геологических карт районирование производят только по карте предварительного дешифрирования аэрофотоматериалов.

Выделяют инженерно-геологические регионы I и II порядков, инженерно-геологические области и инженерно-геологические районы [10]. Термины "регион", "область", "район" образуют строгую таксонометрическую шкалу: регионы I порядка разделяют на регионы II порядка, которые, в свою очередь, делят на области. Инженерно-геологические области состоят из районов.

Для выделения инженерно-геологических районов необходимо проводить геолого-структурный анализ изучаемой территории, внутри регионов по геоморфологическому принципу выделяют инженерно-геологические области, последние делят на инженерно-геологические районы по литологическому принципу.

Выделение регионов производят на обзорных картах, областей – на обзорных и среднемасштабных, а районов – на среднемасштабных и детальных картах. При большой протяженности проектируемых железных дорог их трассы могут пересекать не только инженерно-геологические районы и области, но и целые регионы I и II порядков.

Инженерно-геологическое районирование, проводимое на основе анализа карты предварительного дешифрирования и фондовых материалов, должно расчленять территорию изысканий до районов включительно для того, чтобы каждый инженерно-геологический район был охарактеризован своим ключевым участком (или группой ключевых участков). Инженерно-геологическим районом следует считать площадь природно-территориального комплекса (ПТК), находящуюся в однородных климатических условиях, имеющую одну и ту же историю геологического развития, сложенную близкими по физическим свойствам коренными породами, и обладающую вполне определенным типо рельефа.

Все эти факторы обеспечивают закономерное повторение внешних (физиономических) признаков объектов, сходных по своему внутреннему строению.

2.10. Положение ключевого участка или участков определяют после проведения подробного (до инженерно-геологического района) районирования всей территории и изучения на картах предварительного дешифрирования каждого из выделенных инженерно-геологических районов. На ключевом участке должны быть представлены все типы инженерно-геологических объектов, распространенные в данном инженерно-геологическом районе, и зоны взаимодействия отдельных объектов между собой, так как в этих зонах возможно возникновение своих собственных инженерно-геологических условий, отличных от условий, характеризующих граничащие между собой объекты (поля). Ключевой участок (участки) должен обеспечить построение инженерно-геологических рядов или разрезов в любом месте данного района.

2.11. Размеры ключевых участков определяют взаиморасположением ключевых объектов, подлежащих обследованию, и путей подхода (подъезда) к ним. При линейных изысканиях в большинстве случаев целесообразно вместо ключевых участков произвольных очертаний назначать ключевые или опорные профили, совпадающие с участками трассы изыскиваемой дороги. Такие ключевые профили позволяют наиболее полно использовать полученный на ранних стадиях изысканий фактический материал на конечных стадиях разработки, в частности при разработке рабочих чертежей.

Помимо ключевых участков или ключевых профилей в каждом инженерно-геологическом районе назначают контрольные объекты из числа объектов наиболее распространенных типов. Контрольные объекты должны располагаться на максимальном удалении от ключевых участков(профилей) и обладать теми же дешифровочными признаками,что и ключевые объекты, расположенные на ключевых участках. На контрольных объектах проводят проверочные исследования по тому же комплексу, что и на ключевых, результаты сравнивают;при отклонении параметров контрольных объектов на величину, большую заранее заданной нормы ошибки, выбирают дополнительные ключевые участки с целью повышения точности экстраполяции инженерно-геологических условий, установленных на ключевых участках на всю территорию, назначают также и новые контрольные объекты.

Специальные ключевые участки назначают для разведки месторождений строительных материалов,при

полевых исследованиях на них выявляют не только дешифровочные признаки месторождений данного типа, но и проводят опробование строительного материала с целью выявления его пригодности для использования в дорожном строительстве.

На полях развития коренных пород, особенно на расчлененных территориях, проводят работы по массовому дешифрированию трещиноватости. В пределах участков массового дешифрирования трещин в полевой период выполняют натурные массовые замеры трещин и строят нормальные (или полярные) диаграммы трещиноватости, наглядно показывающие не только простирание отдельных систем трещин, но и их наклон (в отличие от роз-диаграмм).

Объем исследований, планируемых в каждом из выделенных инженерно-геологических районов, определяют, исходя из сложности его строения и протяженности (площади полосы варьирования, расположенной в данном инженерно-геологическом районе). Внутри инженерно-геологического района полевые работы по изучению каждого типа инженерно-геологических объектов распределяют пропорционально встречаемости этих объектов в полосе варьирования и распространяют как на ключевые объекты, расположенные внутри ключевых участков или на ключевых профилях, так и на контрольные объекты того же типа вне ключевых участков, причем на контрольные объекты может приходиться от 20 до 30% объема работ по данному типу объектов. Исключение составляют единичные объекты, которые обследуют в обязательном порядке, независимо от того, что их аналогов больше не обнаружено. Эти объекты могут находиться и вне ключевых участков.

Единичные инженерно-геологические объекты, не имеющие аналогов в пределах района, обследуют в обязательном порядке независимо от того, где они находятся – внутри назначенных ключевых участков или вне их.

В предполевой период распределяют от 85 до 90% объема планируемых наземных исследований; оставшиеся объемы являются резервным фондом, гарантирующим выполнение работ, потребность в которых может возникнуть в ходе натурных исследований (отклонение строения контрольных объектов от предсказанного строения, обнаружение новых типов объектов в процессе полевых исследований и не выявленных при дешифрировании аэрофотоматериалов).

Анализ предварительного дешифрирования, кроме того, должен определять оптимальные сроки проведения полевых работ, местоположение базовых и промежуточных лагерей, пути подъезда к ключевым

участкам (профилям) и к ключевым и контрольным объектам, направление и положение рекогносцировочных и основных наземных маршрутов.

Полевой период

2.12. В начальный период полевых работ должны проводиться аэровизуальные облеты территории и рекогносцировочные наземные маршруты.

В задачи аэровизуальных наблюдений входят: ознакомление со структурой ландшафтов района съемки, выявление дополнительных дешифровочных признаков ландшафтных индикаторов, фотопривязка ключевых участков. Кроме того, во время полета производится опознание выявленных при дешифрировании объектов, уточнение их границ, путей подхода к ключевым участкам и объектам, мест базовых и промежуточных лагерей.

2.13. Наземные рекогносцировочные маршруты проводят параллельно с облетами территории, или несколько отставая от них во времени. Цель маршрутов - уточнение сомнительных результатов предварительного дешифрирования, выяснение строения затененных на аэрофотоматериалах участков, привязка на месте положения ключевых участков и объектов, базовых и промежуточных лагерей, транспортных путей, границ съемки. Во время рекогносцировочных маршрутов осуществляются выходы за пределы территории съемки для поисков месторождений строительных материалов, изучения отдельных объектов, влияющих на инженерно-геологическую обстановку в полосе варьирования.

2.14. В состав полевых работ на ключевых участках должно входить детальное дешифрирование аэрофотоснимков, составление таблиц дешифровочных признаков ландшафтных индикаторов инженерно-геологических объектов, изучение отдельных физиономических компонентов ландшафтов. Выполняют горнопроходческие работы (бурение скважин, шурфование), термо-, электро- и гамма-каротаж, вертикальное электрозондирование и электропрофилирование, сейсморазведку, гидрогеологические наблюдения, отбор образцов, аналитические работы.

2.15. Результатом работ на ключевом участке должны быть детальная инженерно-геологическая карта ключевого участка, подробные описания ключевых объектов и их взаимопереходов, таблицы ландшафтных индикаторов и их дешифровочных признаков, детальное описание параметров ключевых объектов (геометрических очертаний и размеров, вертикального строения, мощности отдельных горизонтов, их литологии, влажности, льдистости, пластичности, текстуры), а при возможности, результаты статистической обработки данных об инженерно-

геологическом строении этих объектов (средние и экстремальные значения параметров). На основе этих материалов следует производить интерпретацию результатов дешифрирования аэрофотоматериалов на всю территорию (полосу варьирования) данного инженерно-геологического района.

2.16. Наземные исследования в полевой период проводят также на контрольных объектах, расположенных вне ключевых участков и обладающих идентичными ландшафтными индикаторами и дешифровочными признаками с эталонными объектами ключевых участков. Контрольные объекты выбирают в пределах инженерно-геологического района в полосе варьирования по материалам дешифрирования аэроснимков и на максимальном удалении от ключевого участка (или участков), характеризующего данный инженерно-геологический район. Предпочтительно назначать контрольные объекты по направлению максимальной изменчивости свойств грунтов. Сходимость результатов обследования контрольного объекта с эталонными, находящаяся в заранее заданных пределах, доказывает правомочность экстраполяции выявленных на ключевых участках инженерно-геологических параметров на все аналогичные объекты в пределах инженерно-геологического района.

Контрольные объекты выбирают из числа наиболее изменчивых по своим инженерно-геологическим свойствам.

2.17. В полевой период проводят поиск и разведку месторождений строительных материалов. Поиски выполняют на основе анализа карт предварительного дешифрирования и результатов изучения аэрофотоматериалов за пределами полосы варьирования. Выявленные путем дешифрирования перспективные площади опробуют; их оконтуривание и примерный подсчет запасов проводят на основе детального дешифрирования аэрофотоматериалов.

Камеральный период. Экстраполяция результатов на всю территорию исследований

2.18. В камеральный период необходимо проводить сплошное детальное дешифрирование всех аэрофотоматериалов исследуемой территории на основе таблиц дешифровочных признаков и эталонных стереомоделей инженерно-геологических объектов, составленных во время проведения исследований на ключевых участках и при контрольных работах вне этих участков. Камеральный цикл работы со снимками должен быть завершающим в осуществлении принципа многократного

дешифр..рования с нарастающей детальностью. Дешифрирование проводят на чистом комплекте аэроснимков, что позволяет наиболее полно использовать опыт предварительного и полевого дешифрирования контактной печати данного региона; материалы ранних стадий используют как справочный материал. На снимки с обратной стороны должны быть вынесены все вершины углов трассы изыскиваемой железной дороги (через снимок) и все имеющиеся горные выработки; для максимально точного вынесения этих элементов снимки прокалывают. После отрисовки контуров, выявленных дешифрированием, и опознания инженерно-геологических объектов, трасса и выработки "поднимаются" и на лицевой стороне снимков.

2.19. Результаты окончательного дешифрирования контактной печати переносят на фотопланы (фотосхемы), выполненные в заданном масштабе съемки, на всю ширину полосы варьирования. Сюда же переносят детальные инженерно-геологические карты ключевых участков, составленные в поле. На фотопланы выносят трассу железной дороги, горные выработки, профили и точки геофизических работ. В результате получают окончательную инженерно-геологическую карту полосы варьирования в заданном масштабе. На фотопланах следует составлять два идентичных экземпляра карты: основной и вспомогательный. Первый экземпляр является основой для составления продольного инженерно-геологического профиля, поперечников, паспортов карьеров строительных материалов, прогноза влияния строительства и самого сооружения на окружающую среду. Вспомогательный экземпляр используют для размножения карты фотохимическими методами. Всю нагрузку на вспомогательном экземпляре, выполненном так же, как и основной на фотопланах, наносят специальной тушью и закрепляют, затем фотоизображение вытравливают. Полученный материал может быть размножен фотоспособом или любым другим видом копирования. Фотоспособ размножения графических материалов, выполненных на фотоосновe, в несколько раз сокращает количество ошибок, допускаемых при копировании на кальку, позволяет изготовлять на прозрачной основе с искажениями не более ± 1 мм на длину диагонали стандартного листа топокарты. Инженерно-геологические карты на прозрачной основе, раскрашенной анилиновыми красками, используют как самостоятельные, так и при наложении на топооснову или фотоплан. Совмещение изображений инженерно-геологической ситуации и рельефа или фотоизображения поверхности следует использовать для общей инженерно-геологической оценки территории.

Параллельно с детальным дешифрированием аэрофотоснимков путем экстраполяции выявленных на ключевых участках числовых характеристик (параметров) объектов дешифрирования определяют инженерно-геологические условия всей площади обследуемой полосы варьирования трассы новой железной дороги.

При большой протяженности инженерно-геологических районов или большой изменчивости параметров назначают не менее двух ключевых участков, на которых выявляют инженерно-геологические характеристики аналогичных объектов и определяют градиенты изменчивости вдоль трассы. Контрольные объекты, результаты обследования которых должны подтвердить правомерность экстраполяции, располагают между ключевыми участками.

3.20. В общем случае закономерное изменение параметров одноименных объектов может происходить не только вдоль направления, соединяющего одноименные объекты на разных ключевых участках, но и вкрест этого направления. Рассмотрим приемы определения числового значения параметров выявленного дешифрированием инженерно-геологического объекта, имеющего аналоги на двух ключевых участках и находящегося между ними (рис. I).

На схеме показана полоса, в пределах которой параметр П данного вида инженерно-геологических объектов меняется как в направлении $И_I$, так и в направлении $И_2$. Конфигурация полосы изменчивости зависит от особенностей морфологии района и определяется дешифрированием. Направления изменчивости в заданной точке и положение этой точки относительно условной линии средних значений (ЛСЗ) переменного параметра определяют, исходя из анализа карты дешифрирования. На концах полосы изменчивости находятся площадки первого и второго ключевых участков, на которых получены частные значения искомого параметра П.

Вычисляют среднее значение параметра на каждой ключевой площадке (рис. 2)

$$\bar{П} = \frac{\sum_{i=1}^{n} П_i}{n}, \qquad (I)$$

где n – количество определений частных значений параметра П.

Градиент изменчивости вдоль направления $И_I$ (см. рис. I) между I и II ключевыми площадками определяют по формуле

$$Г_I = \frac{П_2 - П_1}{A}, \qquad (2)$$

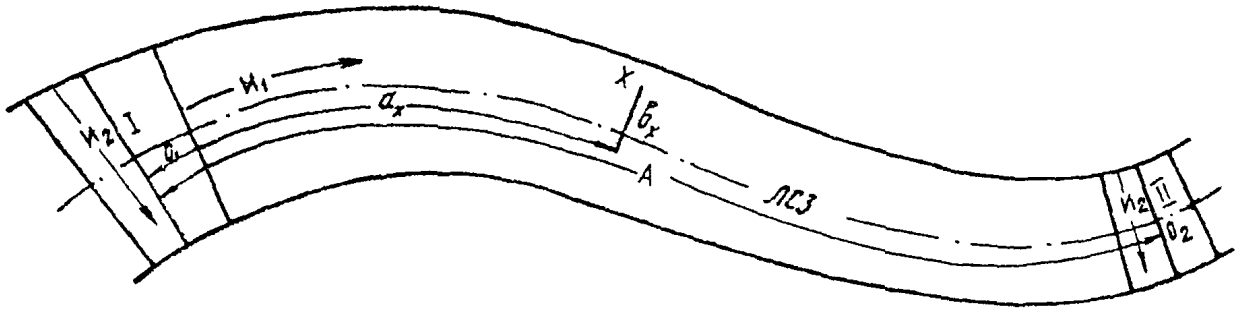


Рис. I. Схема полосы изменчивости параметра П инженерно-геологических объектов одного вида:

I и П – ключевые площадки; $И_1$ и $И_2$ – взаимно перпендикулярные направления изменчивости; $О_1$ и $О_2$ – центральные точки ключевых площадок; ЛСЗ – линия средних значений параметра П; А – расстояние между центральными точками ключевых площадок; $в_x$ и $в_x$ – относительные координаты точки Х

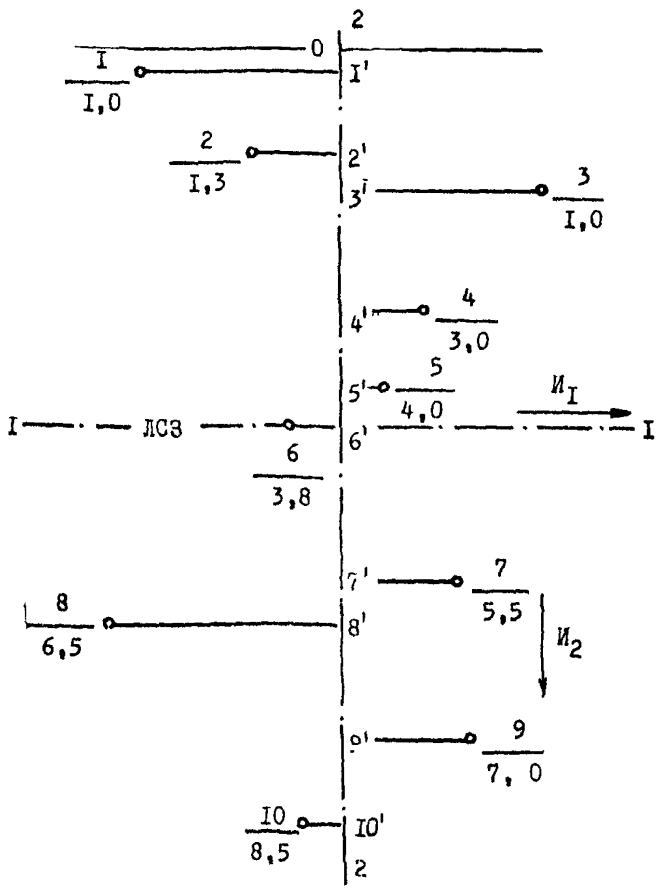


Рис. 2. Схема ключевой площадки с планом информативных точек (скважин):
Числитель – номер скважины, знаменатель – значения параметра П; I' – IO' – проекции положения информативных точек на направление изменчивости $И_2$(2–2); за начало отсчета(0) принято пересечение прямой 2–2 с границей поля

где $П_1$ и $П_2$ – средние значения параметра П на ключевых площадках;
А – расстояние между площадками по ЛСВ.

Среднее значение параметра П на удалении a_x от первой ключевой площадки будет

$$\bar{П}_x = \bar{П}_1 + \mathcal{J}_1 a_x = \bar{П}_1 + \frac{\bar{П}_2 - \bar{П}_1}{A} a_x \qquad (3)$$

Расчетное значение параметра П в точке Х, удаленной на расстояние b_x (см.рис.I) от ЛСВ, определяют по формуле

$$П_x = \bar{П} + \mathcal{J}_2^{\,x} \cdot b_x , \qquad (4)$$

где $\mathcal{J}_2^{\,x}$ – градиент изменчивости по направлению $И_2$ на расстоянии a_x от первой ключевой площадки.

Предположим, что величина градиента изменчивости по направлению $И_2$ равномерно меняется от $\mathcal{J}_2^{\,1}$ на первой ключевой площадке до $\mathcal{J}_2^{\,2}$ на второй площадке, тогда модуль изменчивости градиента по $И_2$ будет равен

$$M_{\mathcal{J}} = \frac{\mathcal{J}_2^{\,2} - \mathcal{J}_2^{\,1}}{A} , \qquad (5)$$

а значение градиента по направлению $И_2$ на удалении a_x от площадки I равно

$$\mathcal{J}_2^{\,x} = \mathcal{J}_2^{\,1} + M_{\mathcal{J}} \cdot a_x = \mathcal{J}_2^{\,1} + \frac{\mathcal{J}_2^{\,2} - \mathcal{J}_2^{\,1}}{A} a_x \qquad (6)$$

Градиенты изменчивости параметра П по направлению $И_2$ вычисляют, исходя из частных значений параметра, полученных в точках наблюдения на ключевых площадках.

2.21. Градиент изменчивости по заданному направлению приближенно следует определять по способу средних градиентов (см. рис. 2). Точки I–IO – места получения частных значений параметра П на ключевой площадке. I–I – линия средних значений – осевая полосы развития инженерно-геологических объектов, определяемых исследуемым параметром П, на которой наблюдается равномерное (линейное) изменение параметра П. Прямая 2–2, перпендикулярная ЛСВ и параллельная направлению изменчивости $И_2$, наносится таким образом, чтобы справа и слева от нее оказалось бы приблизительно одинаковое количество точек определения частных значений параметра П (в частном случае точки I–IO могут быть все размещены на 2–2 (поперечный профиль).

проектируя точки I–IO на 2–2, получаем систему точек I^{I}–IO^{I} на одной прямой. Частные градиенты изменчивости по направлению 2–2 имеют вид:

$$\mathcal{J}_2' = \frac{П_{i+1} - П_i}{в_{i+1} \quad в_i}, \qquad (7)$$

где $П_i$ и $П_{i+1}$ – частные значения параметра П в точках i и $i+1$, $(в_{i+1} - в_i)$ – расстояние между точками i и $i+1$

Тогда

$$\bar{\mathcal{J}}_2 = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} \mathcal{J}_2^{i}}{n-1} \qquad (8)$$

2.22. Более точным методом определения градиента изменчивости по направлению 2–2, перпендикулярному ЛСЗ, является метод наименьших квадратов [11].

Предположив, что закономерное изменение параметра П по направлению 2–2 имеет линейный характер, получаем

$$П_{oi} = \mathcal{J}_2 в + П_0, \qquad (9)$$

где $П_{oi}$ – точное значение параметра П на удалении $в$ от точки начала отсчета;

$П_0$ – усредненная величина параметра П в точке начала отсчета.

Следовательно, $(П_i - П_{oi})$ – отклонение величины фактического параметра П от точного в любой i–й точке на направлении 2–2. Необходимо получить минимальное значение $\Sigma(П_i - \mathcal{J}_2 в_i - П_0)^2$. В этом случае должны выполняться следующие соотношения:

$$\frac{d\,\Sigma(П_i - \mathcal{J}_2 в_i - П_0)^2}{d\,П_0} = 0; \qquad (10)$$

$$\frac{d\,\Sigma(П_i - \mathcal{J}_2 в_i - П_0)^2}{d\,в} = 0 \qquad (11)$$

Если имеется n информативных точек, то уравнение (10) принимает вид

$$n \cdot П_0 + \mathcal{J}_2 \Sigma в_i = \Sigma П_i \qquad (12)$$

Так как $\Sigma П_0 = n П_0$, уравнение (11) запишется как

$$П_0 \Sigma в_i + \mathcal{J}_2 \Sigma в_i^2 = \Sigma в_i \, 7_i \qquad (13)$$

Решая эти уравнения как систему, получаем выражения для $П_0$ и J_2

$$П_0 = \frac{\Sigma b_i^2 \cdot \Sigma П_i - \Sigma b_i \Sigma b_i П_i}{n \Sigma b_i^2 - (\Sigma b_i)^2}, \qquad (14)$$

$$J_2 = \frac{n \Sigma b_i П_i - \Sigma b_i \Sigma П_i}{n \Sigma b_i^2 - (\Sigma b_i)^2}$$

Но значение параметра П на естественной границе поля развития данного типа инженерно-геологических объектов (точка начала отсчета по направлению 2-2) равно 0. Следовательно,

$$J_2 = \frac{\Sigma b_i П_i}{\Sigma b_i^2} \qquad (15)$$

2.23. Рассмотрим пример получения значения градиента J_2 по направлению 2-2 (см.рис.2). На схеме показано положение информативных точек (скважин), в качестве исследуемого параметра взята мощность покрова торфа, закономерно возрастающая вдоль направления 2-2. За точку начала отсчета принято пересечение прямой 2-2 с границей поля.

Для удобства подсчета за единицу измерения по направлению 2-2 принимаем 100 м, а за единицу измерения мощности - дециметр. Проектируя положение скважин на прямую 2-2, получаем приведенный профиль отсчета расстояний. Полученные данные отрабатываем (табл.2).

Таблица 2

№ скважины	b_i	$П_i$	$(b_i)^2$	$b_i П_i$
1	1	1,0	1	1,0
2	3	1,3	9	3,9
3	4	1,0	16	4,0
4	7	3,0	49	21,0
5	8	4,0	64	32,0
6	10	3,8	100	38,0
7	14	5,5	196	77,0
8	15	6,5	225	107,6
9	18	7,0	324	126,0
10	20	8,5	400	170,0
Всего			1324	580,5

Значение градиента по формуле (I5) равно

$$\mathcal{J}_2 = \frac{\Sigma b_i \Pi_i}{\Sigma b_i^2} = \frac{580,5}{1384} = 0,4I.$$

Таким образом, закономерный прирост мощности торфа (градиент) по направлению 2-2 составляет 4,I см на каждые I00 м.

2.24. Рассмотрим вычисление градиента изменчивости по "способу средних градиентов", исходя из условий, приведенных на рис. 2, для которых проводилось вычисление по методу наименьших квадратов.

Для получения частных значений градиента $\mathcal{J}_2'$ по формуле (7), составим табл. 3 в тех же единицах, что и для предыдущего вычисления.

Таблица 3

№ скважины	b_i	Π_i	$b_{i+1} - b_i$ (Δb_{i+1})	$\Pi_{i+1} - \Pi_i$ $(\Delta \Pi_{i+1})$	$\mathcal{J}_2^i$
I	I	I,0	–	–	–
2	3	I,3	2	0,3	0,I5
3	4	I,0	I	-0,3	-0,30
4	7	3,0	3	2,0	0,66
5	8	4,0	I	I,0	I,00
6	I0	3,8	2	-0,2	-0,I0
7	I4	5,5	4	I,7	0,42
8	I5	6,5	I	I,0	I,00
9	I8	7,0	3	0,5	0,I7
I0	20	8,5	2	I,5	0,75

По формуле (8) определяется числовое значение среднего градиента:

$$\mathcal{J}_2 = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} \mathcal{J}_2^i}{n-1} = \frac{3,7}{9} = 0,4I.$$

Используя любой из вышепредложенных способов определения градиента по направлению 2-2, получаем его числовые значения для первой и второй ключевых площадок ($\mathcal{J}_2'$ и $\mathcal{J}_2^2$ или $\bar{\mathcal{J}}_2'$ и $\bar{\mathcal{J}}_2^2$). Затем по формуле (I) вычисляем среднее значение исследуемого параметра для обеих площадок. Зная расстояние А между площадками и применяя формулы (3,4,5,6), можно получить искомое значение параметра Π_x для любой точки зоны развития объектов данного вида между ключевыми участками.

2.25. При картировании реальных геологических и инженерно-геологических объектов следует учитывать, что в процессе геологического развития территории зоны изменчивости инженерно-геологических объектов могут терять свою сплошность и сохраняться лишь в виде разрозненных фрагментов (примером могут служить площадки надпойменных террас высоких порядков). В этих случаях на основе анализа имеющихся в распоряжении исследователя геологических, топографических, геоморфологических карт и аэрофотоматериалов проводится реконструкция полосы изменчивости и определяется положение точки расчета параметров относительно предполагаемой ЛСЗ.

3. РЕКОМЕНДУЕМАЯ АППАРАТУРА

3.1. Для геологического и инженерно-геологического дешифрирования аэрофотоснимков используют обширный парк стационарных и портативных приборов [12]. Выделяют следующие группы приборов для работы со стереоснимками:

для визуального дешифрирования;

для получения приближенных количественных геологических данных по стереоснимкам;

стереоизмерительные – повышенной и высокой точности для работы с аэроснимками и геодезическими снимками.

универсальные стереофотограмметрические картосоставительские;

для трансформирования аэроснимков и переноса данных дешифрирования с аэроснимков на карту;

фотолабораторные.

Значительную часть приборов, входящих в перечисленные группы, используют в аэрофотогеологических исследованиях.

3.2. В практике геологического дешифрирования наибольшее распространение получил настольный зеркально-линзовый стереоскоп ЗЛС, позволяющий работать со снимками формата 18х18 см. Прибор удобен в транспортировке, занимает мало места, имеет небольшую массу, может применяться как в камеральных (стационарных), так и в легерных условиях (использование стереоскопа в маршрутах затруднено).

Для работы непосредственно в маршрутных условиях наиболее удобен портативный линзовый стереоскоп П-5, выпускаемый в ГДР.

Масса прибора 0,2 кг, увеличение линз $1,5^{x}$, их оси параллельны, расстояние между центрами примерно на 15% больше глазного базиса наблюдателя. Поле зрения стереоскопа 4,5х5,5 см. Прибор

укреплен на пластинке размерами 6х14 см и в нерабочем положении складывается. Стереоскоп комплектуется с планшеткой для работы в полевых условиях.

3.3. Помимо стереоскопов, обладающих небольшой увеличительной силой, в полевых условиях при работах по качественному и иногда по количественному дешифрированию, а также при определении точного местоположения того или иного объекта на аэроснимке используются наборы увеличительных луп с двух-, четырех- и десятикратным увеличением.

3.4. В группе приборов для получения приближенных количественных данных по аэроснимкам наибольшее распространение получили палетки геолога-дешифровщика (ПГД-I), параллактические линейки (ПЛ-3), дешифровочные стереоскопы (Д-2), зеркальный стереоскоп с чертежным стереометром (Цейсс, ГДР), интерпретоскопы (Цейсс, ГДР). В 1980 г. в серийное производство поступил дешифровочный стереоскоп ДС-4, разработанный научно-производственным объединением (НПО). "Аэрогеология" и Белорусским оптико-механическим объединением.

Палетка геолога-дешифровщика, предложенная НПО "Аэрогеология", является простым приспособлением, позволяющим измерять на аэроснимках продольные параллаксы, элементы залегания пластов, крутизну склонов. Палетка используется без стереоскопа. Точность измерений с помощью палетки 0,I мм.

Параллактические линейки используются совместно с зеркально-линзовым стереоскопом. Возможность стереоскопического наведения пространственных измерительных штрихов линейки на измеряемые точки позволяет получать значения параллаксов с точностью до 0,05 мм.

Дешифровочный стереоскоп (Д-2) - простой стереоскопический прибор, оснащенный устройствами для движения кассет и оптической системы, что обеспечивает возможность просмотра всей площади перекрытия снимков. Измерения параллаксов производятся с помощью марки путем изменения глазного базиса; цена деления микрометренного винта 0,0I мм. Поле зрения прибора 50х50 мм, увеличение оптической системы $3{,}75^{X}$. Стереоскоп Д-2 может быть использован для определения превышений, элементов залегания пластов горных пород, их мощности, крутизны склонов. Точность определения превышений при работе со снимками масштаба I:25000-около I м.

Зеркальный стереоскоп с чертежным стереометром имеет откидную бинокулярную насадку, дающую трех с половиной кратное увеличе-

ние с диаметром поля зрения 55мм.Окуляры насадки могут быть установлены на оптимальное расстояние,соответствующее глазному базису наблюдателя;недостаток зрения выравнивается в пределах ±8диоптрий. Без бинокулярной насадки поле зрения составляет I8xI8см.Точность измерений на приборе примерно аналогична точности на Д-2.

Интерпретоскоп является универсальным прибором, предназначенным для просмотра отдельных стереопар аэроснимков и неразрезанных аэрофильмов шириной до 320 мм. Прибор позволяет плавно менять увеличение объектов от 2^X до 6^X и от 5^X до $I5^X$; кроме того, возможно выравнивание масштабов отдельных снимков стереопары и их освещенности. Для измерения превышений служит масштабная линейка, по которой берутся отсчеты параллаксов с точностью до 0,02 мм. Прибор выпускается в двух вариантах: с одной наблюдательной системой и с двойной. Двойная наблюдательная система существенно повышает возможности обучения геологов-дешифровщиков.

Дешифровочный стереоскоп ДС-4 предназначен для стереоскопического изучения аэро- и космических снимков. В комплексе с параллаксометром позволяет дешифрировать снимки и определять превышения точек местности и элементы залегания пластов горных пород, плоскостей разрывных нарушений и т.п. Применяется при массовых работах по геологическому, топографическому и другим видам дешифрирования.

ДС-4 имеет окуляры, расположенные под углом 75^0, что значительно улучшает условия работы геолога-дешифровщика. Планшетка со снимками снабжена кульманом, обеспечивающим ее поступательное движение при просмотре всей поверхности стереопары. Формат снимков - до 30х30 см, увеличение $0,9^X$, $3,6^X$, $7,2^X$, диаметр поля зрения не менее I80/У. Цена деления барабана параллактического винта 0,02мм, масса прибора I2 кг, в упаковочном ящике 22 кг.

3.5. Из группы стереоизмерительных приборов повышенной и высокой точности для работы с аэроснимками и фототеодолитными снимками в геологических организациях наибольшее распространение получили топографический стереометр Дробышева (СТД-2) и сконструированный на его основе геологический стереометр (ГС-2), разработанный ВАГТом. Внешне приборы очень похожи. В геологическом стереометре видоизмененные коррекционные устройства используются для решения только геологических задач: определения элементов залегания горных пород и измерения мощности пластов, определения пространственной ориентации трещин и разломов (при наличии четкого

смесителя). Эти задачи решают благодаря специальным устройствам, с помощью которых пространственные марки-нити могут быть наклонены и ориентированы в соответствии с наклоном пласта или смесителя. Кроме того, с помощью специально ориентированной наклонной нити можно наблюдать сечение ею стереомодели местности и, таким образом, зарисовать или протрассировать выход пласта в тех местах, где он скрыт на поверхности земли рыхлыми отложениями или растительностью. Аналогичным способом выявляют скрытые участки тектонических нарушений.

Топографический и геологический стереометры являются приборами для камеральной работы с аэрофотоматериалами.

3.6. Приборы трех последних групп - универсальные стереофотограмметрические, картосоставительские, приборы для трансформирования аэроснимков и переноса данных дешифрирования на карту, фотолабораторные приборы - используют, в основном, в специализированных топогеодезических предприятиях при составлении и обновлении топографических планов и карт. При построении приведенных фотопланов местности и при геологическом и инженерно-геологическом дешифрировании они почти не применяются. В то же время их использование для этих целей не только возможно, но и в ряде случаев может быть эффективно и целесообразно. Существенным препятствием для широкого использования этих приборов является их высокая стоимость, необходимость специально оборудованных помещений, высокая квалификация обслуживающего персонала.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

I. Методическое руководство по инженерно-геологической съемке масштаба I:200000 (I:100000-I:500000). Труды ВСЕГИНГЕО, М., Недра, 1978.

2. Мельников Е.С. Общая методика среднемасштабной инженерно-геологической съемки. В сб.: Проблемные вопросы инженерно-геологического картирования территории средней зоны СССР. Ташкент, САИГИМС, 1978.

3. Гудилин И.С., Комаров И.С. *Применение аэрометодов при инженерно-геологических и гидрогеологических исследованиях. М., Недра, 1978.*

4. Изыскания железных дорог. М., Транспорт, 1964.

5. Инструкция по составлению унифицированных основных инженерно-геологических карт. СЭВ. Постоянная комиссия по геологии. М., 1966.

6. Радченко Э.К. К вопросу о теории ключевого метода при инженерно-геологическом картировании по аэроснимкам. Труды ВСЕГИНГЕО, вып. 85. М., ВСЕГИНГЕО, 1975.

7. Достовалов В.Б. *Условные обозначения для детальных инженерно-геологических карт предварительного дешифрирования в районах развития многолетнемерзлых грунтов.*–Транспортное строительство, 1981, № 2.

8. Альбом-каталог эталонных аэроснимков для низкогорного региона с распространением многолетнемерзлых грунтов. М., ЦНИИС, 1980.

9. Мельников Е.С. Метод ключевых участков в инженерно-геологической съемке. Труды ВСЕГИНГЕО, вып. 62. М., ВСЕГИНГЕО, 1973.

10. Розенберг Л.И. Геоморфологические аспекты инженерно-геологического районирования. В сб. Вопросы географии. № II. М., Мысль, 1979.

11. Шенк Х.И. Теория инженерного эксперимента. М., Мир, 1972.

12. Петрусевич М.Н. Воздушная и наземная стереофотосъемка при геологических исследованиях. М., изд-во МГУ, 1976.

Приложение

ПРИМЕР СИСТЕМЫ УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ ДЛЯ ДЕТАЛЬНОГО ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ДЕШИФРИРОВАНИЯ

I. ДОЛИНЫ РЕК И РУЧЬЕВ

Низкая пойма

Косы, отмели, пляжи

1	нерасчлененные	Современные аллювиальные отложения, периодически перемываемая русловая фация (пески, галька, реже – валунник)
2	песчанистые	
3	галечниковые	

Высокая и средняя пойма

Прирусловые валы

4а	молодые нерасчлененные	Современные аллювиальные отложения, преимущественно пески, частично заиленные, в верхней части разреза древних валов обычен маломощный слой торфа, молодые валы обычно талые
4	молодые, поросшие лиственничным лесом	
5	молодые, поросшие лиственным лесом	
6	средние по возрасту[I]	
7	реликтовые (замеренные)	

Старицы

8	молодые	Современные аллювиальные отложения, русловая фация, перекрытая чередующимися песчано-илистыми грунтами (наилком), в верхних частях разреза – торф, широкое развитие мерзлоты
9	заболоченные без деревьев	
10	частично заторфованные с редкими мелкими деревьями	
11	реликтовые, часто не выражены в рельефе	
12	Пойма нерасчлененная	Современные аллювиальные отложения (илы, супеси, пески, галечники, вверху – торф) мерзлота обычна
12а	Межгорные озерные впадины	Современные и верхнечетвертичные аллювиально-лимнические отложения (илы, супеси, суглинки), обычно замерзлочены

Надпойменные террасы

13	(13а) I терраса (замеренная)	Молодые и среднечетвертичные аллювиальные отложения, на высоких террасах часто аллювий замещен делювием, мерзлота обычна, на замеренных участках в верхней части разреза – торф
14	(14а) II терраса (замеренная)	

II. ДОЛИНЫ СРЕДНИХ И МАЛЫХ РУЧЬЕВ

15	Замеренные склоны долин ручьев, водосборные воронки	Современные пролювиально-делювиальные отложения (суглинки, реже супеси, вверху – торф), обычно замерзлочены
16	Днище долин ручьев, обычно несквозные талики	Современные аллювиально-пролювиальные отложения (песок, дресва, щебень, супесь)
17	Днище долин временных водотоков	Современные пролювиальные отложения, супесь, дресва, щебень

Конусы выноса

18	Древние, частично замеренные	Супеси, пески, в верхней части – маломощный торф, повышенная льдистость
19	Молодые	Дресва, щебень с супесчаным заполнителем, к периферии дисперсность грунтов увеличивается
20	Делювиальные шлейфы	Супеси и суглинки с дресвой и щебнем, обычны внутригрунтовые наледы

III. ВОДОРАЗДЕЛЫ И СКЛОНЫ

21	Сухие водоразделы	Элювиально-делювиальные отложения (супеси, дресва, щебень), часто покрыты лесом
22	Замеренные водоразделы	Элювиально-делювиальные отложения (суглинки, ниже супеси, иногда вверху – торф)
23	(23а) Склоны средней крутизны (замеренные и обводненные)	Делювиально-элювиальные отложения (суглинки, супеси с дресвой и щебнем, на крутых склонах – преобладание грубообломочного материала, на обводненных и замеренных склонах – торфяной покров), широко развита мерзлота
24	(24а) Пологие склоны (замеренные)	
25	(25а) Крутые склоны (обводненные)	

[I] Возраст – условный, показывает относительное время образования отдельных элементов поймы.

gost.e-ecolog.ru