

Типы, масштабы и назначение инженерно-геологических карт

2.1. Классификация инженерно-геологических карт по содержанию и назначению

2.2. Подразделение инженерно-геологических карт по масштабу

2.3. Дежурные инженерно-геологические карты

2.4. Этапы создания инженерно-геологических карт

2.5. Способы создания инженерно-геологических карт

2.6. Обеспеченность методическими материалами работ по составлению инженерно-геологических карт разного типа и масштаба

Главная проблема инженерно-геологических исследований заключается в территориальном изучении, оценке и прогнозировании возможных изменений инженерно-геологических условий под воздействием природных и антропогенных факторов, которые могут повлиять на условия возведения и эксплуатацию сооружений. В ее решении большая роль отводится картографическим методам отображения и преобразования информации, т. е. составлению инженерно-геологических карт.

Инженерно-геологические карты, по определению В. Т. Трофимова (1993), представляют собой обобщенное изображение на топографической основе комплекса геологических параметров, взаимодействие которых определяет инженерно-геологические условия, специфику изысканий, строительства и эксплуатации инженерных сооружений.

Она рассматривается как графоматематическая модель, идеальная по своей сущности. Математическая ее основа, заложенная в используемой геологами готовой топографической карте, обеспечивает определенный масштаб модели и отображение инженерно-геологической информации на плоскости в заданных территориальных пределах (границах) и устанавливает строгую и взаимно однозначную зависимость между координатами точек модели и природы.

Карта (в том числе и инженерно-геологическая) как модель является, по общему признанию, одновременно и информационной, и гносеологической. Ее информационность заключается в способности хранить сведения об объектах в виде графических данных и «передавать» их с целью разработки методов и средств воздействия на природные и общественные процессы. Гносеологичность карты состоит в возможности устанавливать на ее основе с использованием специальных методов исследования объективные закономерности природных и общественных процессов.

2.1. Классификация инженерно-геологических карт по содержанию и назначению

Единой, общепризнанной классификации инженерно-геологических карт по содержанию нет. В. Т. Трофимов все многообразие инженерно-геологических карт по этому признаку группирует в четыре типа (Трофимов, 1993): 1) карты инженерно-геологических условий; 2) карты инженерно-геологического районирования; 3) карты инженерно-геологические прогнозные; 4) карты измененности инженерно-геологических условий (геологической среды). По практическому же назначению инженерно-геологические карты подразделяются на общие и специальные.

Карты инженерно-геологических условий отражают комплекс параметров или отдельные характеристики инженерно-геологической обстановки, которые учитываются при выборе методов изысканий, проектирования, возведения и эксплуатации инженерных сооружений. К наиболее важным геологическим параметрам, отображаемым на инженерно-геологической карте, относятся: геологическое строение местности, характер слагающих ее пород, рельеф, геокриологические условия, гидрогеологические особенности и современные геологические процессы и явления. Эти данные

отображаются на карте инженерно-геологических условий способом раздельного картографирования, суммарная их оценка не дается.

На *общих* картах инженерно-геологических условий все эти факторы отобраны, схематизированы (генерализованы) и охарактеризованы в соответствии с существующими требованиями, регламентированными СНиПом, без учета особенностей какого-либо конкретного вида строительства. Такие карты являются картами многоцелевого назначения. В отличие от них на *специальных* (специализированных) картах инженерно-геологических условий способом раздельного картографирования отображается только та группа факторов инженерно-геологической обстановки, которая необходима для проектирования какого-либо определенного вида строительства (дорожного, гидротехнического, подземного и др.).

На *синтетических* общих и специальных картах отображается весь комплекс геологических факторов, определяющих инженерно-геологические условия территории. Такие карты являются основной разновидностью карт, комплексно характеризующих инженерно-геологическую обстановку любой территории. *Аналитические*, или частные, карты в отличие от них характеризуют один или несколько показателей инженерно-геологической обстановки. Они несут достаточно полную информацию лишь об одной, как правило, наиболее характерной и важной для решения поставленной задачи черте этой обстановки. К этому виду карт, например, относятся карты грунтовых вод, просадочности лессовых грунтов, трещиноватости грунтов, вертикальной и горизонтальной расчлененности рельефа, современных геологических процессов и явлений, напряженного состояния массивов и др.

Карты инженерно-геологического районирования представляют собой такой тип карт, на которых, на основе качественных и количественных показателей (признаков), обособляются и оцениваются (качественно или количественно) территориальные элементы разного порядка. По своему содержанию они подразделяются на общие и специальные. На первых, *общих*, выделяются территориальные таксономические единицы одного или чаще разных уровней, в пределах каждой из которых инженерно-геологическая обстановка в целом относительно однородна. Такие карты являются многоцелевыми. Они в первую очередь представлены для решения вопросов, связанных с планированием и проектированием массовых видов строительства. На картах *специального* инженерно-геологического районирования территориальные единицы обособляются и оцениваются с учетом требований определенного вида строительства или решаемой задачи.

В. Т. Трофимов выделил два основных типа районирования, в процессе которого составляются соответствующие карты: генетико-морфологическое, или естественно-историческое, и оценочное (Трофимов, 1979). Выделяются три типа карт генетико-морфологического районирования: регионального (индивидуального), типологического и смешанного. На картах *регионального генетико-морфологического районирования* при выделении территориальных единиц разного порядка каждая последующая индивидуальная единица выделяется из предыдущей (более крупной) делением ее на отдельные части на основе выбранных классификационных признаков. При этом любая территориальная единица выделяется как целостный, непрерывный в пространстве элемент; она не может существовать в виде отдельных участков, разобренных другими территориальными единицами. На картах, построенных по принципу *типологического генетико-морфологического районирования*, выделяются типы территориальных единиц того или иного порядка на основе учета наиболее общих и существенных признаков, свойственных им. Обособленные типологические территориальные единицы, в отличие от региональных, могут существовать в виде разрозненных участков, расположенных в различных частях изучаемой территории. На картах *смешанного генетико-морфологического районирования* сочетается региональное и типологическое районирование, причем эти виды используются на разных его этапах. При

этом наиболее крупные территориальные единицы обособляются как региональные (индивидуальные), а более мелкие — как типологические единицы. Карты генетико-морфологического инженерно-геологического районирования могут создаваться с использованием как однорядной, так и двухрядной системы районирования. Последние появились в последние годы (с 80-х гг.) и предусматривают разделение территории и классификацию инженерно-геологических обстановок с помощью двухкоординатной таблицы-решетки (Трофимов, 1979).

Карты *оценочного инженерно-геологического районирования* подразделяются на два вида: сравнительного (качественного и количественного) и геолого-экономического (количественного) оценочного районирования.

Оценочные сравнительные карты инженерно-геологического районирования могут быть общими и специальными и составляться в разных масштабах. Они базируются на картах генетико-морфологического инженерно-геологического районирования и содержат оценку сложности инженерно-геологических условий. По содержанию оценочные сравнительные карты инженерно-геологического районирования могут быть синтетическими и аналитическими. На *синтетических* картах оценивается степень пригодности, благоприятности территории для строительства. На *аналитических* чаще всего оценивается степень пораженности территории геологическими процессами, степень опасности от их развития, характер требующейся инженерной подготовки и т. п. Для сравнительной оценки сложности инженерно-геологической обстановки широко применяется метод баллов. Это или оценки отдельных факторов, или интегральные оценки сложности инженерно-геологических условий в результате простого суммирования оценок баллов всех составляющих их компонентов.

Карты *геолого-экономического (количественного) оценочного районирования* отражают не только сложность инженерно-геологических условий, но и стоимость освоения территории в этих условиях применительно к различным типам инженерных сооружений. Они составляются обычно в крупном масштабе.

Прогнозные инженерно-геологические карты отражают пространственно-временной прогноз изменения инженерно-геологических условий в процессе хозяйственного освоения территории и работы инженерных сооружений. При этом прогнозные данные о возможных изменениях при наиболее типичных, характернейших и массовых видах воздействия, которые оказывают разные типы сооружений и их эксплуатация, отражаются на *общих* картах, а вероятные изменения при воздействии конкретного вида строительства — на *специальных* картах. Каждый вид карт может составляться как карта комплексного или карта частного прогноза.

Карты измененности инженерно-геологических условий (геологической среды) — новый тип инженерно-геологических карт, разработанный в последней четверти XX в. На этих картах для каждого типа геологической среды характеризуется комплекс региональных и локальных природных и антропогенных геологических процессов, и на основе этого в качественных или количественных категориях оценивается степень ее (среды) измененности под влиянием деятельности человека. Эти карты содержат элементы и карт инженерно-геологических условий, и карт районирования, но по своему содержанию они представляют самостоятельный тип инженерно-геологических карт.

Общие по содержанию карты этого типа отображают характер и степень изменения геологической среды (инженерно-геологических условий) под влиянием комплексного воздействия инженерно-хозяйственной деятельности человека, а *аналитические*, или частные, — под влиянием конкретного вида хозяйственной или инженерно-строительной деятельности. Карты измененности инженерно-геологических условий дают пространственную информацию об измененности геологической среды, позволяют на основе метода инженерно-геологических аналогий дать качественный приближенный региональный прогноз направленности и интенсивности возможных изменений

инженерно-геологических условий на вновь осваиваемых территориях при тех же видах и масштабах воздействия.

2.2. Подразделение инженерно-геологических карт по масштабу

Инженерно-геологические карты по масштабу подразделяются на обзорные (масштаб 1:1 500 000 и мельче), мелкомасштабные (1:1 000 000–1:500 000), среднемасштабные (1:200 000–1:50 000) и крупномасштабные (1:25 000 и крупнее). *Обзорные* и *мелкомасштабные* карты предназначены для общего перспективного планирования размещения всех видов строительства и подготовки программ дальнейших инженерно-геологических исследований и изысканий. По существу — это стратегические карты. Карты масштабов 1:1 000 000, 1:500 000, а также 1:200 000 являются государственными инженерно-геологическими. Они должны составляться одновременно с государственными геологическими и гидрогеологическими картами.

Среднемасштабные карты являются основными по масштабу инженерно-геологическими картами, комплексно характеризующими инженерно-геологические условия территории для внестадийных этапов и начальных стадий проектирования инженерных сооружений и защитных инженерных мероприятий. Эти карты в основном составлялись организациями Министерства геологии СССР и Министерства природных ресурсов Российской Федерации.

Крупномасштабные карты в большинстве случаев — специальные инженерно-геологические карты, которые составляются применительно к требованиям проектирования нескольких или какого-либо одного вида строительства. Они в основном предназначены для обоснования разработки схем районных планировок и промышленных узлов, генеральных и детальных планов городов и поселков, проектов дорог, гидротехнических сооружений, карьеров и других объектов строительства, для обоснования мероприятий по инженерной подготовке территории и проектов борьбы с неблагоприятными геологическими процессами, а также для обоснования проектов и программ работ детальными инженерно-геологическими изысканиями на завершающем этапе проектирования.

2.3. Дежурные инженерно-геологические карты

Одним из главных недостатков всех типов инженерно-геологических карт является их *статичность*. Между тем геологическая среда динамична в своем развитии. Оценка динамики изменения инженерно-геологических условий осуществляется путем сравнения карт инженерно-геологических условий, составленных в разные годы. Однако такая оценка также по своей сути статична, более того, с определенным элементом запаздывания, поскольку на карте самого последнего срока составления уже не могут быть учтены изменения, происшедшие после ее оформления. Этот недостаток может быть преодолен составлением *дежурных* инженерно-геологических карт. Они представляют собой графоматематические модели, постоянно пополняемые новыми данными об изменениях инженерно-геологических условий. Такие данные получают как с помощью дистанционных, так и наземных, в первую очередь режимных, методов получения информации.

Как дежурные могут составляться карты разного содержания. В первую очередь это аналитические карты инженерно-геологических условий, на которых отображаются все данные об установленных изменениях отдельных компонент геологической среды. На их основе может постоянно обновляться синтетическая по содержанию карта инженерно-геологических условий.

Наличие и анализ дежурных инженерно-геологических карт позволяют получать оперативные и достоверные данные о динамике изменений и уже сформировавшейся измененности геологической среды. На этой основе можно будет более обоснованно осуществлять мероприятия по рациональному использованию территории, а в случае

необходимости — управление ею с помощью ограничительных или защитных мероприятий.

2.4. Этапы создания инженерно-геологических карт

Инженерно-геологические карты создаются или в процессе съемочных работ, или в процессе тематических картосоставительских работ, в ходе которых обобщаются и «сводятся» картографические материалы предшествующих исследований. Первый из процессов является основным и используется при создании средне- и крупномасштабных карт; второй — обычно используется при создании мелкомасштабных инженерно-геологических карт, в частности карт крупных геологических или экономических регионов страны.

Процесс создания инженерно-геологических карт на готовой государственной топографической основе¹ включает этапы проектирования и составления. В ходе их реализации при разработке новых по содержанию карт последовательно осуществляется: определение требований к картографическому производству; выбор (или разработка) способов отображения необходимой инженерно-геологической информации; выбор системы условных знаков; преобразование (включая генерализацию) исходной информации в требуемый вид и ее перенос на рабочую основу; оформление инженерно-геологической карты как составительского и издательского оригинала. При создании карт в процессе производственных работ, когда используются ведомственные или межведомственные инструкции или методические руководства, часть этих операций (соответствующих этапу проектирования) исключается.

2.5. Способы создания инженерно-геологических карт

Традиционно долгое время изготовление инженерно-геологических карт проводилось, часто проводится и сейчас, «ручным способом» непосредственно инженер-геологом в авторском исполнении с последующим вычерчиванием в чистовом варианте картографом. Многие карты затем издавались типографским способом. Постепенно для изготовления карт стали применяться автоматизированные картографические системы. Машинная техника используется особенно успешно при создании аналитических карт, что позволяет в последующем их считывать и записывать на машинном носителе в цифровом виде с помощью автоматических считывающих устройств ЭВМ.

В последнее время инженерно-геологическое картографирование развивается на основе использования компьютерных банков данных и систем обработки изображения. Перед инженер-геологами встают конкретные задачи создания подобных информационных систем (сетей информационных систем), поиска оптимальных сочетаний технических средств, подготовки системного и прикладного программного обеспечения для: 1) организации ввода-вывода картографической инженерно-геологической информации; 2) создания банков данных такой информации; 3) обеспечения оперативной картографической информацией проектных работ. Эти задачи в настоящее время решены во многих организациях.

Современные системы обработки изображений позволяют анализировать любые карты, а также, комбинируя различные аналитические карты компонент инженерно-геологических условий, получать «синтетические» карты инженерно-геологических условий и районирования как общего, так и специального содержания. При этом происходит значительная экономия времени как на этапе разработки содержания карт, так и при ее графическом создании. Резко возрастает качество карт районирования за счет принципиально новых возможностей анализа пространства инженерно-геологических признаков.

Использование современной информационной техники и технологий позволяет вести постоянный контроль за состоянием геологической среды и обеспечить выпуск дежурных инженерно-геологических карт. Оперативное создание таких карт позволяет более

эффективно использовать инженерно-геологические данные при планировании рациональных путей освоения геологической среды.


2.6. Обеспеченность методическими материалами работ по составлению инженерно-геологических карт разного типа и масштаба

Авторами на основании анализа содержания более 100 опубликованных и изданных легенд и инженерно-геологических карт исследована степень обеспеченности методическими разработками карт разного типа и масштаба (Трофимов, Красилова, 2001). Данный анализ выполнен в виде двухрядной таблицы (табл. 1), в горизонтальных рядах которой выделены перечисленные выше типы инженерно-геологических карт по содержанию с подразделением карт районирования на карты генетико-морфологического и карты оценочного районирования. В пределах каждого типа выделены синтетические и аналитические карты. В вертикальных рядах соответственно содержится пять типов карт разного масштаба с последующим подразделением каждого типа карт на общие и специальные. В клетках таблицы на пересечении вертикальных и горизонтальных рядов показаны результаты проведенного анализа по степени обеспеченности методическими материалами работ по составлению инженерно-геологических карт разного типа и масштаба с выделением четырех градаций: 1) обеспечены опубликованными методиками или методическими указаниями; 2) методика ясна из изданных или фондовых карт; 3) методика ясна из опубликованных статей); 4) не обеспечены методическими материалами. Следует оговориться, что таблица составлена с учетом как бы наилучшего из перечисленных вариантов методических материалов по составлению карт; т. е. отнесение карт к первой градации по степени обеспеченности методическими материалами не означает, что для них не существует опубликованных статей с изложением методических вопросов. Но зато должно быть ясно, что третья градация предполагает наличие методических материалов только в виде опубликованных статей.

Данные, приведенные в табл. 1, позволяют понять обеспеченность методическими материалами работ по составлению инженерно-геологических карт разного типа и масштаба.

Таблица 1. Обеспеченность методическими материалами работ по составлению инженерно-геологических карт разного типа и масштаба

Классы карт		Инженерно-геологических условий		Генетико-морфологического районирования		Однородного районирования		Изменности		Прогнозные	
		Синтетические	Аналитические	Синтетические	Аналитические	Синтетические	Аналитические	Синтетические	Аналитические	Синтетические	Аналитические
Обзорные	Общие										
	Специальные										
Мелкомасштабные	Общие										
	Специальные										
Среднемасштабные	Общие										
	Специальные										
Крупномасштабные	Общие										
	Специальные										
Детальные	Общие										
	Специальные										


 Обеспечены опубликованными методами или методическими указаниями

 Методика ясна из изданных или фондовых карт

 Методика ясна из опубликованных статей

 Не обеспечены методическими материалами

Классы карт		Инженерно-геологических условий		Генетико-морфологического районирования		Оценочного районирования		Измененности		Прогнозные	
		Синтетические	Аналитические	Синтетические	Аналитические	Синтетические	Аналитические	Синтетические	Аналитические	Синтетические	Аналитические
Обзорные	Общие										
	Специальные										
Мелкомасштабные	Общие										
	Специальные										
Среднемасштабные	Общие										
	Специальные										
Крупномасштабные	Общие										
	Специальные										
Детальные	Общие										
	Специальные										

 Обеспечены опубликованными методиками или методическими указаниями

 Методика ясна из изданных или фондовых карт

 Методика ясна из опубликованных статей

 Не обеспечены методическими материалами

Наиболее обеспечена методическими материалами разработка карт инженерно-геологических условий. Обзорные и мелкомасштабные карты по своему назначению носят, как правило, общий характер. Методическими пособиями для их составления могут служить обзорные инженерно-геологические карты синтетического типа, составленные объединенными коллективами ряда геологических организаций на территорию СССР (1968), территорию Западно-Сибирской плиты (1972), Нечерноземную зону СССР (1980) и другие регионы, с их легендами и объяснительными записками. Как методические документы по составлению обзорных и мелкомасштабных карт аналитического типа могут служить изданные на большие регионы или на территорию СССР Карты современных геологических процессов (ВСЕГИНГЕО, 1983; МГУ, 1979), Карта грунтовых толщ (МГУ, 1983), Карта прогноза просадочности территории распространения лессовых пород СССР (ПНИИИС, МГУ, ВСЕГИНГЕО, 1989) и т. п.

Институтом ВСЕГИНГЕО разработана типовая легенда карты инженерно-геологических условий масштаба 1:200 000 (1976), опубликованы «Методическое руководство по инженерно-геологической съемке масштаба 1:200 000» (Мельников и др., 1978), а совместно с МГУ — «Методические указания по составлению инженерно-геологических карт масштаба 1:25 000 и 1:50 000» (1966). Для составления специальных карт инженерно-геологических условий среднего и крупного масштаба опубликованы методические разработки с макетами карт И. В. Поповым (1950) — преимущественно для дорожного строительства, Г. С. Золотаревым, Т. Ю. Пиотровской (1973) — для наземных и подземных сооружений в горно-складчатых областях, Г. А. Голодковской, Л. М. Демидюк, Л. В. Шаумян (1983) — для рудных месторождений и др.

Неплохо, но несколько хуже обеспечено методическими разработками составление карт генетико-морфологического районирования (регионального, типологического и смешанного). Изданы или опубликованы обзорные и мелкомасштабные синтетические, реже аналитические карты с расширенными легендами по Западно-Сибирской плите (Трофимов, 1977; Трофимов и др., 1983), зоне Байкало-Амурской магистрали (под ред. А. И. Шеко, 1986), югу Красноярского края (Голодковская и др., 1968) и пр.

Карты оценочного районирования синтетические (по сложности инженерно-геологических условий, устойчивости, чувствительности или уязвимости геологической среды и т. п.) и аналитические (по степени опасности от какого-то геологического процесса, пораженности или интенсивности ГП) составляются в обзорном, мелком и даже среднем масштабе обычно как общие, в крупном — как специальные. Практически нет работ с официальным статусом методических разработок по составлению карт оценочного районирования. Обстоятельность и масштабность ряда публикаций позволяют им выполнять эту роль. В качестве примера можно привести обзорную Карту экзодинамического районирования юга Восточной Сибири В. М. Литвина (1991), из крупномасштабных карт — Карту оценки закарстованности береговой линии Братского водохранилища А. Л. Ревзона (1992), Карту районирования Талнахского рудного узла по степени сложности инженерно-геологических условий, составленную Л. М. Демидюк (Голодковская и др., 1983) и др.

Карты измененности геологической среды (ГС) составляются в разных масштабах и обычно как специальные, когда оценивается измененность от определенного вида хозяйственной деятельности. Изданные обзорные карты изменения геологической среды Нечерноземной зоны РСФСР в связи с гидротехническим и городским строительством, в связи с гидромелиоративным и дорожным строительством с пояснительными записками исполняют роль методических разработок (1983). Из среднемасштабных карт в качестве методических разработок можно использовать легенду Карты изменения геологической среды под воздействием орошения (Мавлянов, Инамов, 1986), Карты изменения инженерно-геологических условий в связи с хозяйственным освоением территории Североуральского бокситового месторождения (Сулакшина, Грибанова, 1982). На таких

картах обычно оценивается измененность среды, а они носят чаще всего название «изменение», что не отвечает их содержанию. В этом отношении наиболее интересна карта А. Н. Инамова, прослеживающая изменения за 20 лет отдельных компонентов инженерно-геологических условий под действием орошения.

Оценочно-прогнозные и прогнозные карты (устойчивости, риска, ущерба, изменения ГС, интенсивности геологических процессов), составляемые в обзорном и мелком масштабе, по содержанию преимущественно аналитические (в виде карт частного прогноза), а по назначению — общие, реже специальные. Опубликованные средне- и крупномасштабные прогнозные карты по содержанию относятся как к синтетическим, так и к аналитическим, а по назначению это в основном специальные карты. Практически карты этого типа слабо обеспечены методическими разработками, хотя можно привести примеры публикаций, способных выполнять эту роль для некоторых разновидностей карт. Например, Карты реакции геологической среды криолитозоны на механические нарушения (Мельников, Москаленко, Сташенко, 1992), составленные в мелком, среднем и крупном масштабе, Карты устойчивости массивов пород орогенных областей к техногенным воздействиям с разработанной авторами типовой легендой (Трофимов, Красилова, 1998). Из детальных специальных карт можно назвать Карту прогноза критических ситуаций в состоянии ГТС и рекомендации по повышению ее устойчивости (Ревзон, 1992) и серию аналитических оценочно-прогнозных карт опасности, риска и ущерба от воздействия геологических процессов для разных стадий проектирования сооружений жилищно-гражданского назначения (Кофф, Медведев, Зиангиров и др., 1999).

До 70-х гг. XX века в опубликованных картографических материалах преобладали карты инженерно-геологических условий и генетико-морфологического районирования (последние появились позже). Публикации их, особенно в 70-е гг., стимулировались регулярными Всесоюзными совещаниями и симпозиумами, проведением в больших объемах региональных работ, что обусловило создание методических пособий и разработок по составлению инженерно-геологических карт. В конце 80-х гг. в связи с осознанием важности проблемы охраны окружающей среды, стали публиковаться карты оценочного инженерно-геологического районирования, карты измененности геологической среды, особенно широко представленные в публикациях в конце 80–90-х гг. В это же время в картографических материалах стали обращать внимание на вопросы прогноза изменения инженерно-геологических условий в результате хозяйственной деятельности человека. Наибольшее количество опубликованных прогнозных карт приходится на 90-е гг.

Обеспеченность методическими разработками инженерно-геологических карт разного типа и содержания нельзя признать полной и всеобъемлющей. Наиболее полно ими обеспечена методика создания карт инженерно-геологических условий и инженерно-геологического районирования. Остальные типы карт — инженерно-геологические прогнозные и измененности геологической среды — такими современными разработками не обеспечены. Поэтому инженер-геологам необходимо четко представлять эту ситуацию и развернуть работу по обеспечению всех типов инженерно-геологических карт надлежащими методическими разработками.