Записки Ленинградского ордена Ленина,
ордена Октябрьской Революции и ордена Трудового Красного Знамен
горного института им. Г. В. Плеханова, т. LXVII, вып. 2, 1974 г.

ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ И ИХ ТИПИЗАЦИЯ

Доктор геол.-мин. наук В. Д. ЛОМТАДЗ
(Ленинградский горный ин-т)

Одним из новых, успешно развивающихся научных направлени инженерной геологии является инженерная геология месторождени полезных ископаемых. В область исследований этого направления вх дит широкий круг геологических вопросов и практических задач, во никающих при освоении различных месторождений полезных ископа мых: рудных, угольных, горнохимического сырья, строительны материалов и др.

Инженерно-геологическое изучение месторождений полезных иск паемых должно давать геологические материалы для их промышленно оценки, обоснования способов вскрытия и системы разработки, конс рукции карьеров и подземных выработок, проектов организации пр изводства строительных и горных работ, оценки устойчивости горны пород в откосах уступов и бортах карьеров, в подземных выработка и отвалах.

Горные породы в условиях естественного залегания находятс в состоянии равновесия. При строительстве шахт и карьеров это равно весие может нарушаться вследствие многих причин: 1) проявлени некоторых специфических свойств горных пород, обусловленных ос бенностями их состава и состояния; 2) определенного физическог состояния горных пород, обусловленного их выветрелостью, трещинов тостью, тектонической раздробленностью, высокой влажностью и т. д 3) влияния условий залегания горных пород, последовательности на пластования горных пород различного петрографического состав нарушенности их первоначального горизонтального залегания, повер ностей и зон ослабления; 4) действия нагрузки вышележащих масс го ных пород, а иногда и наземных сооружений; 5) действия остаточны напряжений, иногда при участии газов; 6) действия гидростатическог и гидродинамического напоров подземных вод; 7) перераспределени напряжений, образования зон повышенного напряжения — зон ко центрации напряжений при проходке горных выработок; 8) динамич ского воздействия взрывных и горнобуровых работ, транспорта, горны машин и др.

В результате нарушения равновесия горных пород развиваютс всевозможные геологические процессы и явления, реализующие в сдвижении и перемещении масс горных пород различных масшта бов — от отдельных вывалов, срывов и осыпей, измеряемых единицам

кубических метров, до объемов, измеряемых тысячами, десятками тысяч и даже сотнями тысяч кубических метров. Неодинаковы скорость и повторяемость таких деформаций. Часть их проявляется быстро, внезапно, носит катастрофический характер, другие развиваются медленно с затухающей или прогрессирующей скоростью. Геологические процессы и явления в подземных выработках и карьерах обнаруживаются также в различных видах водопроявлений (оцениваемых величинами суммарного и удельного притока, коэффициента водообильности и др.), фильтрационных деформаций (суффозия, разжижение, выпор, прорыв, уплотнение пород при дренировании и др.) и явлений мерзлотного комплекса (сплывы, оползни, термокарстовые явления, морозное пучение, наледные явления и др.) в районах распространения многолетней мерзлоты. Фильтрационные деформации и явления мерзлотного комплекса также связаны с перемещениями масс горных пород.

Природа и механизм различных видов сдвижений и перемещений масс горных пород в подземных выработках и в откосах карьеров часто очень сложны. Под механизмом сдвижений и перемещений мы понимаем характер, способ, вид движения масс горных пород под влиянием действующих на них сил. Сдвижение и перемещение — это движение отдельных объемов и подвижно соединенных между собой объемов масс горных пород или вязкое их течение под влиянием силы тяжести, гидродинамического давления и других сил. Механизм движения масс горных пород определяет вид геологического процесса и явления. Сдвижение и перемещение масс горных пород — процессы противоречивые, так как соотношения усилий, вызывающих и тормозящих деформации, непрерывно изменяются в результате возникающих сопротивлений при перестройке сложения горных пород и их движении.

Важнейшие задачи инженерной геологии месторождений полезных ископаемых — изучение природы и механизма различных видов сдвижений и смещений горных пород, изучение закономерностей их развития, разработка методов прогноза степени устойчивости горных пород в шахтах и карьерах. На основе решения этих задач возможен правильный выбор защитных мер для локализации распространения деформаций горных пород, предупреждения их развития и охраны от их вредного влияния, т. е. для обеспечения нормальных условий и безопасности строительных и горных работ. Задачей инженерной геологии месторождений полезных ископаемых является также разработка принципов и методики рациональной организации инженерно-геологических исследований на всех стадиях разведки месторождений и при их разработке.

Разнообразные геологические вопросы, связанные с освоением месторождений полезных ископаемых, в данном случае следует называть инженерно-геологическими: их изучают и оценивают в инженерном аспекте, так как изменения геологических условий прогнозируются в связи со строительством сооружений — шахт и карьеров. Местом же инженерно-геологических исследований должны быть районы рудных, угольных и других месторождений, участки конкретных месторождений, шахтные и карьерные поля или их части и, наконец, шахты и карьеры в зависимости от стадии освоения месторождений.

Проектирование разработки месторождений полезных ископаемых предъявляет к инженерной геологии высокие требования. Развитие горных работ на все бóльших и бóльших глубинах, открытие и эксплуатация ряда месторождений в сложных геологических условиях, подработка подземными выработками застроенных территорий, а в некоторых случаях территорий, занятых водоемами, и особенно разработка месторожде-

ний открытым способом — все это заставило изменить отношение к изучению инженерно-геологических условий месторождений полезных ископаемых. Кроме того, современная теория и методы расчета распределения напряжений в горных породах, величины горного давления, равновесия горных пород в откосах, прочности и устойчивости целиков и оснований сооружений, проектирование инженерных защитных конструкций требуют обоснованных реальных расчетных схем, обоснованных расчетных показателей свойств горных пород, учета изменения их во времени и при изменении напряженного состояния, учета неоднородности и анизотропии свойств горных пород и условий их работы. Наконец, необходимость в этом диктуется также появлением новых способов и средств разработки месторождений полезных ископаемых.

Таким образом, в результате запросов практики в инженерной геологии развивается новое научное направление — инженерная геология месторождений полезных ископаемых. Создание этого направления — заслуга многих советских ученых и в первую очередь П. Н. Панюкова, С. В. Троянского, Д. И. Щеголева, М. В. Сыроватко, Н. И. Плотникова, С. П. Прохорова, Н. Г. Паукера, Г. Г. Скворцова, С. И. Попова, Г. Л. Фисенко, Ю. Н. Малюшицкого, П. В. Васильева, С. И. Малинина. Становлению этого направления особенно способствовало успешное развитие в нашей стране механики горных пород, связанное с именами таких ученых, как М. М. Протодьяконов, В. Д. Слесарев, П. М. Цимбаревич, Л. Д. Шевяков, И. М. Бахурин, С. Г. Авершин, Г. Н. Кузнецов, Д. А. Казаковский, М. М. Протодьяконов (младший), Б. В. Матвеев, Г. Л. Фисенко, К. В. Руппенейт, Г. А. Крупенников, Л. И. Барон, Н. Н. Куваев.

Однако, хотя в области инженерной геологии месторождений полезных ископаемых уже много сделано и делается советскими учеными, научными и учебными заведениями, производственными и проектными организациями, многие важные и сложные вопросы еще не разработаны. Одним из них является инженерно-геологическая типизация месторождений твердых полезных ископаемых.

Правильная характеристика и оценка инженерно-геологических условий месторождений полезных ископаемых, а также шахтного или карьерного поля не может быть сделана без учета региональных геологических особенностей. Из этого следует, в частности, что инженерно-геологическое изучение месторождений полезных ископаемых должно являться обязательной составной частью геологоразведочных работ как на стадии поисково-разведочных работ, так и на стадиях предварительной и детальной разведки месторождений и их разработки. В такой постановке вопрос уже ставился (Г. Л. Фисенко — 1965 г., Г. Г. Скворцов, С. В. Прохоров — 1967 г.). Однако на практике еще существует разрыв между геологическим и инженерно-геологическим изучением месторождений полезных ископаемых. Поэтому, как только встает вопрос о проектировании шахты или карьера, сразу же возникает необходимость в выполнении дополнительных инженерно-геологических исследований. Правильность постановки вопроса о сочетании разведки месторождений полезных ископаемых с изучением их инженерно-геологических условий вполне обоснованна, и на это необходимо обратить внимание в первую очередь, тем более потому, что при изысканиях для обоснования проектов подземных сооружений, в частности туннелей, другого подхода и не существует.

Для успешного изучения инженерно-геологических условий месторождений полезных ископаемых важно учитывать весь имеющийся опыт изучения их геологического строения и разработки, а также результаты инженерно-геологических исследований для обоснования про-

ектов различных сооружений, в том числе подземных, опыт их строительства и эксплуатации. Из обобщения этого опыта вытекает инженерно-геологическая типизация или классификация месторождений полезных ископаемых. Таких классификаций предложено несколько (Д. И. Щеголев — 1940; Г. Н. Каменский — 1947; С. В. Троянский — 1947; Г. Г. Скворцов, С. П. Прохоров и др. — 1959, 1969; М. В. Сыроватко — 1956; П. Н. Панюков — 1959; Н. И. Плотников — 1960; И. Н. Павлов — 1962; П. П. Климентов — 1966; В. Д. Бабушкин и др. — 1969). В большинстве из них учтены или только гидрогеологические, или только инженерно-геологические условия. Исключением являются лишь классификации Г. Г. Скворцова и С. П. Прохорова, И. Н. Павлова.

Инженерно-геологическая типизация и классификация месторождений должна давать возможность предварительно оценивать условия их вскрытия и отработки подземным или открытым способом. При этом следует учитывать, что шахта или карьер, так же как, например, тоннель, являются сооружениями. Поэтому при проектировании и строительстве таких сооружений необходимо принимать во внимание весь комплекс природных факторов. В этом комплексе подземные воды следует рассматривать как фактор, определяющий инженерно-геологические условия месторождения. Более того, при проектировании и строительстве подземных сооружений, шахт и карьеров подземные воды имеют только инженерно-геологическое значение. Поэтому нельзя считать правильным, что геологическая комиссия стран — участниц Совета Экономической Взаимопомощи при группировке месторождений твердых полезных ископаемых выделяет группы месторождений с простыми инженерно-геологическими и сложными гидрогеологическими условиями, и наоборот. Спрашивается, кого может утешить заключение, в котором будет указано, что инженерно-геологические условия того или иного месторождения простые, но шахта или карьер будут затоплены подземными водами. Предполагается, что все, кто занимается вопросами осушения месторождений полезных ископаемых, занимается инженерной геологией, так как решает вопросы применения тех или иных инженерных защит, обеспечивающих нормальные условия и безопасность строительства, эксплуатации сооружений и ведения горных работ.

Типизация месторождений твердых полезных ископаемых должна основываться на наиболее важных факторах, определяющих инженерно-геологические условия вскрытия и разработки. К ним относятся: 1) глубина залегания полезного ископаемого и соответственно мощность вскрыши; 2) группа горных пород вскрыши и вмещающих полезное ископаемое по инженерно-геологической классификации: принадлежность горных пород к той или к иной группе определяется их прочностью, устойчивостью, деформируемостью, водопроницаемостью, водоотдачей и другими физическими, водными и механическими свойствами; 3) сложность геологического разреза и тектоника месторождения, шахтного, карьерного поля, условия залегания пород, их однородность, наличие поверхностей и зон ослабления, снижающих устойчивость горных пород в откосах карьеров и подземных выработках; 4) степень водоносности горных пород, определяющая условия и безопасность ведения горных работ, развитие фильтрационных деформаций и необходимость предварительного и эксплуатационного осушения; 5) геологические процессы и явления, осложняющие вскрытие и разработку месторождения, в том числе температурный и газовый режимы.

В соответствии с перечисленными наиболее важными исходными данными, необходимыми для оценки и прогноза инженерно-геологиче-

ских условий месторождений полезных ископаемых, в таблице приведена их типизация.

Инженерно-геологическая типизация месторождений твердых полезных ископаемых

Глубина залегания полезного ископаемого	Типы месторождений по группам горных пород				
	I. Твердые — скальные	II. Относительно твердые — полускальные	III. Рыхлые несвязные	IV. Мягкие связные	V. Особого состояния — мерзлые
Малая (примерно до 40 *м*)	I-а	II-а	III-а	IV-а	V-а
Сравнительно малая (40—100 *м*)	I-б	II-б	III-б	IV-б	V-б
Средняя (100—200 *м*)	I-в	II-в	III-в	IV-в	V-в
Большая (200—400 *м*)	I-г	II-г	III-г	IV-г	V-г
Очень большая (свыше 300—400 *м*)	I-д	II-д	III-д	IV-д	V-д

На месторождениях первого типа инженерно-геологические условия до некоторой глубины (различной в разных случаях) изменяются медленно. На верхних горизонтах (типы I-а и I-б) вследствие разгрузки и разуплотнения пород, а также действия выветривания осложняющими обстоятельствами являются повышенная раздробленность и трещиноватость пород, обусловливающая образование осыпей, отдельных вывалов, куполение, слабую и умеренную, часто временную водообильность (соответственно суммарный приток Q составляет менее 100 $м^3/ч$ и 100—300 $м^3/ч$; удельный приток q — менее 0,05 $л/ч$ и 0,05—0,4 $л/ч$ на 1 $м^2$ обнаженной поверхности; коэффициент водообильности $K_в$ — менее 3 $м^3$ и 3—8 $м^3$ на 1 $т$). На участках тектонических нарушений породы могут находиться в значительно раздробленном состоянии и обусловливать образование таких же деформаций, как и на малых глубинах в зоне разуплотнения — осыпи, вывалы, куполение, сдвиги, повышенное горное давление, а также умеренную или даже значительную постоянную или временную, постепенно иссякающую обводненность ($Q=300\div1000$ $м^3/ч$; $q=0{,}4\div4$ $л/ч$ на 1 $м^2$; $K_в=8\div25$ $м^3$ на 1 $т$). Вблизи тектонических зон, особенно крутого падения, вероятны очаги концентрации остаточных напряжений, вскрытие которых может вызвать внезапные деформации пород. Такие же деформации чаще и в бо́льших масштабах возможны в подземных выработках на больших глубинах (типы I-в, I-г, I-д), где они обусловливают явления стреляния, горных ударов, выбросов угля и др.

На месторождениях первого типа в подземных выработках горные породы на значительных участках между опорными целиками могут находиться продолжительное время (месяцы, годы) в незакрепленном состоянии. Откосы уступов и бортов карьеров обычно устойчивы при крутизне до 60°, хотя на отдельных участках необходимо учитывать ориентировку поверхностей и зон ослабления. Главный фактор, осложняющий устойчивость горных пород в подземных выработках и бортах карьеров, — трещиноватость пород, которая генетически связана с тектоническими движениями или образуется при проведении горных выработок. В различных структурно-тектонических условиях тектоническая трещиноватость горных пород на месторождениях первого типа с глубиной затухает и на глубине более 300—400 *м* распространена главным образом на отдельных участках или вдоль зон тектонических наруше-

ий. Тектонические трещины обычно ориентированы в определенных направлениях и неодинаково влияют на устойчивость горных пород в откосах карьеров и подземных выработках. Трещины искусственные, образующиеся в процессе горных работ, рассекают горные породы в разных направлениях, на больших и очень больших глубинах они составляют главную массу трещин и оказывают, наряду с тектоническими трещинами, большое постоянное влияние на устойчивость горных пород.

Подразделение месторождений первого и других типов на градации (I-а, I-б и т. д.) осуществляется по глубине залегания полезного ископаемого. При этом учитывается, что инженерно-геологические условия с глубиной обычно изменяются постепенно, как правило, без резких переходов — скачков. Поэтому естественно, что подразделение на типы а—д в зависимости от глубины — несколько условно.

Так, зона разгрузки и разуплотнения в скальных породах достигает в среднем 40 *м*, примерно до этих же глубин может проникать активное действие современных агентов выветривания. В пределах этих глубин распространены трещинные грунтовые воды со свободной поверхностью. Здесь в скальных породах наблюдается наибольшая раскрытость трещин и соответственно большие водообильность, водопоглощение и водопроницаемость.

На глубинах более 40 *м* уменьшается влияние разгрузки и разуплотнения пород, снижается их водопроницаемость и водообильность, но подземные воды, как правило, приобретают напор. С увеличением глубины подземных разработок уменьшаются размеры сдвижений поверхности земли, а их характер от провалов и обрушений сменяется более плавным опусканием поверхности, менее опасным для наземных сооружений.

На больших и особенно очень больших глубинах заметно возрастает неоднородность условий, связанная с тектоническими разрывами, нарушением сплошности пород и другими факторами (очаги концентрации напряжений, газоносность, температурный режим и т. д.). Рудные, нерудные и угольные залежи, горизонты, толщи могут иметь наклонное или крутое падение, и поэтому такие месторождения должны относиться при проектировании разработки на малых глубинах к типу I-а, на относительно малых — к типу I-б и далее к типам I-в, I-г и I-д в зависимости от глубины разработки. Иногда месторождения при разработке на малых глубинах могут относиться к типу II-а, III-а, IV-а, а на больших глубинах — к типам I-б, I-в и т. д.

Примером месторождений первого типа могут служить месторождения Криворожского железорудного бассейна, где руды связаны с породами железорудной формации, представленной железистыми кварцитами, переслаивающимися с хлоритовыми, серицитовыми и тальково-карбонатными сланцами. Комплекс метаморфических скальных пород перекрывается отложениями четвертичного, неогенового и палеогенового возраста, представленными глинистыми породами, песками и известняками. Мощность кайнозойских отложений — от нескольких метров на севере месторождения до 80—120 *м* на юге. Разработка железных руд в Криворожском бассейне проектируется до глубины 1250 *м*.

На месторождениях второго типа инженерно-геологические условия обычно более сложные по сравнению с месторождениями первого типа. К этому типу относится большинство месторождений, связанных с осадочными породами. Сложность геологического разреза здесь обусловлена частым переслаиванием пород различного петрографического состава и невыдержанностью условий залегания по простиранию и мощ-

ности. В геологическом разрезе часто представлены всевозможные глинистые породы — аргиллиты со следами сланцеватости, аргиллиты уплотненные глины, глинистые алевролиты, песчаники, мергели и другие, а иногда также различные карбонатные породы, сильно закарстованные.

На инженерно-геологические условия месторождений второго типа огромное влияние оказывают тектонические нарушения пликативного и дизъюнктивного характера. Поэтому горные породы могут иметь разнообразное залегание — горизонтальное, наклонное, мульдообразное и более сложное. В них обычно наиболее четко выражены многочисленные поверхности и зоны ослабления, влияющие на анизотропию их свойств и устойчивость в подземных выработках и бортах карьеров.

Месторождения второго типа в главной своей массе сложены породами полускальными, которые отличаются от скальных меньшей прочностью и упругостью и несравненно большими деформируемостью и водопроницаемостью. Они, как правило, имеют хрупко-пластический или пластический характер разрушения. Даже в обычных атмосферных условиях для них свойственно развитие деформаций во времени при постоянной нагрузке. Время развития деформаций ползучести соизмеримо со сроками испытаний этих пород в полевых и лабораторных условиях и сроками строительства и эксплуатации шахт и карьеров. Для этих пород важно учитывать не только мгновенную, но и длительную прочность.

Для месторождений второго типа характерна не только значительная, но иногда и весьма значительная обводненность (Q — свыше 1000 $м^3/ч$; q — свыше 4 $л/ч$ на 1 $м^2$; $K_в$ — свыше 25 $м^3$ на 1 $т$), обусловленная наличием одного, двух или даже системы водоносных горизонтов, трещинными или карстовыми водами, отличающимися иногда большой неоднородностью распространения в плане и разрезе и большими напорами. На месторождениях этого типа обычно развиты разнообразные геологические процессы и явления. В подземных выработках, особенно на малых глубинах (месторождения типов II-а, II-б, II-в) наблюдаются сплошное обрушение кровли («ложная кровля»), куполение, вывалы, пучение (поддувание) и выжимание, повышенное горное давление, сдвижение пород и деформации поверхности рельефа и наземных сооружений. На больших глубинах характерны внезапные деформации типа стреляния, горных ударов, выбросов угля и пород. Породы не могут находиться в незакрепленном состоянии сколько-нибудь продолжительное время (недели, месяцы). Многие месторождения газоопасны и на очень больших глубинах имеют высокие температуры (выше 25—26° С). На карьерах часты деформации откосов уступов и бортов в результате образования оползней разных размеров (небольших, объемом от десятков кубических метров до 100—200 $м^3$, средних — от сотен кубических метров до 1000 $м^3$ и больших — от тысяч и десятков тысяч кубических метров до 100—200 тысяч $м^3$) и различного вида (структурных, структурно-пластических, пластических), осыпей в результате выветривания пород и различных фильтрационных деформаций (суффозия, разжижение и выплывание, выпор, прорывы). На некоторых месторождениях второго типа серьезные осложнения вызывают карстовые процессы со всеми присущими им явлениями.

Месторождения полезных ископаемых второго типа разнообразны. К ним относится большинство месторождений угля (например, Канско-Ачинского бассейна, Кузбасса), многочисленные месторождения руд (например, бокситов Северо-Уральского бокситового района).

Месторождения третьего типа (III-а, III-б и т. д.) связаны преиму-

щественно с рыхлыми несвязными породами, представляющими большую группу обломочных осадочных образований. На некоторых месторождениях такие породы составляют значительную часть разреза среди пород глинистых (глины, уплотненные глины) и полускальных (песчаники, алевролиты, аргиллиты, мергели, известняки), на других они имеют хотя и небольшое распространение, но оказывают существенное или даже решающее влияние на устойчивость подземных выработок и бортов карьеров. Отличительной особенностью пород этой группы является их рыхлость (сыпучесть), т. е. отсутствие связей между слагающими их частицами. Петрографически они представлены различными песками, гравелистыми и щебенистыми породами и галечниками, т. е. породами малой степени литификации, образовавшимися в субаквальных и субаэральных условиях. Свойства рыхлых несвязных пород и склонность их к деформациям зависят главным образом от их гранулометрического состава и плотности сложения (плотное, среднее, рыхлое сложение).

Месторождения третьего типа распространены главным образом на платформах, на предгорных равнинах и в межгорных впадинах. Полезные ископаемые, связанные с этими типами месторождений, залегают на малых, сравнительно малых и реже средних глубинах. Часто рыхлые несвязные породы сами являются полезными ископаемыми и разрабатываются как строительный материал.

Главными обстоятельствами, определяющими условия производства строительных и горных работ на месторождениях этого типа, являются рыхлость — сыпучесть пород, их водоносность и водообильность и связанное с водоносностью действие гидростатического и гидродинамического давления подземных вод и развитие фильтрационных деформаций (суффозия, разжижение и переход в плывунное состояние, выпор, прорывы, оползневые явления, притоки воды и др.). Обводненность таких месторождений слабая или умеренная, редко значительная. Чтобы обеспечить нормальные условия ведения горных работ подземным и открытым способами, в большинстве случаев приходится проводить осушение пород — как предварительное в период строительства, так и во время эксплуатации горных выработок, — а также применять методы искусственного уплотнения и укрепления пород. В подземных выработках такие породы не могут находиться в незакрепленном состоянии, поэтому используют сплошное крепление, иногда большой мощности, и специальные способы проходки. Устойчивость откосов уступов и бортов карьеров сохраняется (после предварительного осушения пород) при крутизне их заложения в пределах от 22—25 до 35—38° в зависимости от гранулометрического состава пород.

К месторождениям этого типа относятся все месторождения песков, гравия и галечников. К нему же может быть отнесено, например, Яковлевское железорудное месторождение, где на кристаллических породах фундамента, с которыми связаны железные руды, залегает мощная толща (в среднем 525 *м*) осадочных пород, среди которых многочисленны водоносные горизонты песков мощностью до 70 *м*, существенно определяющие инженерно-геологические условия месторождения.

Месторождения четвертого типа (IV-а, IV-б и т. д.) связаны главным образом с породами мягкими связными, т. е. глинистыми, малой или средней степени литификации. Такие породы на месторождениях этого типа занимают значительную часть геологического разреза или переслаиваются с другими породами — песками, слабыми песчаниками, известняками и другими полускальными, но оказывают решающее

влияние на устойчивость горных выработок. Сложность геологического разреза на таких месторождениях может существенно изменяться в результате переслаивания пород различного петрографического состава и фациальных переходов. Залегают такие породы обычно горизонтально или пологонаклонно.

Месторождения этого типа распространены главным образом на платформах, в предгорных и межгорных впадинах. Полезные ископаемые здесь залегают на малых, относительно малых и реже средних глубинах.

Мягкие связные глинистые породы — это особая обширная группа тонкодисперсных осадочных пород. Среди них выделяют собственно глины и разнообразные глинистые породы. Они обладают связностью и пластичностью в природном состоянии или при искусственном увлажнении водой, а при высыхании сохраняют приданную им форму. К глинистым следует относить породы, сходные в какой-то степени по составу и свойствам с глинами, но отличающиеся от них содержанием значительного количества примесей грубодисперсных частиц, карбонатного, углистого вещества и др.

Мягкие связные породы в отличие от скальных и полускальных обладают значительно меньшей прочностью и устойчивостью и большей деформируемостью. Они характеризуются изменчивостью физического состояния и свойств в зависимости от влажности и плотности и занимают промежуточное положение между жидко- или вязкотекучими и твердыми телами. Породам этой группы свойственна высокая (более 35%) или умеренная (от 12—14 до 25—30%) естественная влажность. Объемный вес скелета изменяется в широких пределах — от 0,6—0,8 до 1—90 *г/см*^{3}. Они обычно имеют явно- или скрытопластичную и реже полутвердую консистенцию. Пластическая прочность их составляет десятые доли килограмма на квадратный сантиметр, редко выше (0,8—1,0 *кг/см*^{2}). Коэффициент сдвига часто меньше 0,20, реже изменяется от 0,20 до 0,40. Они сильно и неравномерно сжимаемы. Остаточные деформации значительно превышают упругие и сопутствуют им даже при малых нагрузках. Для них характерны явления ползучести, связанные с медленными пластическими деформациями под действием постоянной внешней нагрузки.

В подземных выработках в таких породах развивается большое горное давление, они склонны к выжиманию и пучению (поддуванию) при увлажнении. В откосах и бортах карьеров в мягких связных породах возникают разнообразные оползневые явления малых, средних и больших масштабов. Угол внутреннего трения редко превышает 25—27°, а сцепление 1,0—1,5 *кг/см*^{2}. Углы наклона уступов и бортов карьеров в таких породах не должны превышать ориентировочно 20—30° в зависимости от их состава, а также состояния и высоты откосов.

Водоносность этого типа месторождений обычно мала или умеренна, связана с водопроницаемыми и водоносными горизонтами пород, содержащими напорные воды. Большие напоры воды в этих горизонтах заставляют проводить предварительное и эксплуатационное осушение месторождений, шахтных и карьерных полей, а при проходке подземных выработок — применять водопонижение. К месторождениям четвертого типа относится большинство месторождений глин, многие месторождения угля и руд. Типичным примером этого типа является Камыш-Бурунское железорудное месторождение Керченского района.

Месторождения пятого типа распространены в районах многолетней мерзлоты. К этому типу относятся только те месторождения, в пре-

делах которых мерзлые породы при оттаивании — деградации мерзлоты — резко изменяют прочность, устойчивость и деформируемость, а также те, на которых явления мерзлотного комплекса (термокарстовые, морозное пучение, наледные явления и др.) вызывают существенные осложнения при выполнении строительных и горных работ и нарушают устойчивость подземных выработок и бортов карьеров. Месторождения этого типа приурочены к некоторым полускальным, песчано-галечным и глинистым породам, т. е. действительно к таким, которые при оттаивании могут резко изменять свои свойства и гидрогеологические условия. Большинство же месторождений, приуроченных к мерзлым скальным и полускальным породам и некоторым крупнообломочным, которые при оттаивании мало изменяют свои свойства и гидрогеологические условия, должны относиться к I, II и III типам.
