Записки Ленинградского орденов Ленина и Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова, т. XXXIV, вып. 2, 1958 г.

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ГЛИНИСТЫХ ПОРОД

В. Д. Ломтадзе

Одним из важнейших вопросов, связанных с инженерно-геологическим изучением глинистых пород, является их классификация. Классификация горных пород, в том числе глинистых, должна определять методику их изучения, облегчать оценку их свойств и соответственно устойчивость возводимых на них сооружений или осуществляемых инженерных мелиоративных мероприятий.

Общепринятой инженерно-геологической классификации горных пород в настоящее время нет. Это связано с недостаточной изученностью их свойств и трудностью одной классификацией удовлетворить разнообразные требования строительной практики. Из всех известных классификаций горных пород (А. П. Павлова, Л. Н. Бернацкого, П. М. Цимбаревича, М. М. Протодьяконова, Ф. П. Саваренского, В. А. Приклонского, Н. Н. Маслова, Е. М. Сергеева и др.) принципиально наиболее правильной является классификация Ф. П. Саваренского [8]. В измененном нами виде с целью более точного учета генетических геолого-петрографических и физико-механических признаков и свойств пород эта классификация представлена в табл. 1. В ней на основании наиболее важных для строительной практики признаков основные генетические типы пород подразделены на пять групп. Глинистые породы в этой классификации занимают определенное место и могут подразделяться на полускальные, мягкие связанные и особого состава, состояния и свойства.

Естественно, что эти общие подразделения применимы только для предварительных соображений, для классификации горных пород при широких региональных исследованиях больших территорий. Для более детальной оценки свойств глинистых пород при решении конкретных задач нужна классификация более детальная, полнее учитывающая все многообразие признаков и свойств. Такой классификации пока нет.

Большинство классификаций рассматривает глинистые породы как промышленное сырье (керамическое, цементное, строительное и т. п.), но построено на разных признаках. Так, например, П. А. Земятчинский [3] вначале делит глины на мономинеральные и полиминеральные, а затем на группы в зависимости от их керамических свойств и состава.

Г. Райс [7] и И. И. Гинзбург [2] классифицируют глины по условиям их образования, выделяя глины остаточные (по Г. Райсу) или автохтонные (по И. И. Гинзбургу), образовавшиеся за счет разрушения материнских пород и оставшиеся на месте своего образования

Группа пород по инженерно-геологической классификации	Геолого-петрографические					
	Магматические			Метаморфические		Оса
	полнокристаллические средне- или крупнозернистые	полнокристаллические мелкозернистые и гигантозернистые или порфировидные	скрытокристаллические, порфировые, почти плотные	массивные	сланцеватые	обломочные
I Скальные	Гранит	Гранит-порфир Микрогранит	Кварцевый порфир. Липарит	Мрамор	Гнейс	Песчаник. Конгломерат с кремнистым или карбонатным цементом
	Сиенит	Сиенито-порфир	Порфир. Трахит			
	Гранодиорит	Гранодиорит-порфир	Кварцевый порфирит. Дацит			
	Диорит	Диоритовый порфирит	Порфирит. Андезит			
	Габбро	Габбро-порфирит	Диабаз. Базальт			
II Полускальные	Породы первой группы, имеющие пониженные показатели физико-механических свойств вследствие трещиноватости и выветрелости				—	Песчаник. Конгломерат с глинистым цементом. Глинистый сланец. Аргиллит
III Мягкие связанные	—	—	—	—	—	Глина. Суглинок. Супесь
IV Рыхлые несвязанные	—	—	—	—	—	Песок. Гравий. Галечник
V Особого состава, состояния и происхождения	—	—	—	—	—	Пески водоносные — плывуны. Глинистые породы — засоленные. Мерзлые породы. Илы

свойства		Физико-механические свойства		
дочные		физические	водные	механические
органогенные и органогенно-химические	химические			
Некоторые разности известняков и доломитов	—	Отличаются высокой плотностью. Пористость достигает долей или единиц процента	Невлагоемкие, практически нерастворимые, водонепроницаемые	Отличаются высокой прочностью, $\sigma_{сж}$ достигает 500—4000 *кг/см²*. Крепость высокая, f = = 8—20. Несжимаемы, устойчивы в откосах. Разрабатываются взрывным способом
Известняки. Доломит. Мергел. Мел. Опока	—	Отличаются средней плотностью. Скважность изменяется в широких пределах	Слабовлагоемкие, водопроницаемость изменяется в зависимости от скважности и выветрелости	Довольно прочные, $\sigma_{сж}$ достигает 50—500 *кг/см²*. Крепость средняя, f = = 2—8. Слабосжимаемы. Устойчивость в откосах зависит от трещиноватости и выветрелости. Разрабатываются ударным инструментом и взрывным способом
—	—	Плотность и влажность изменяются в широких пределах	Влагоемкие, водонерастворимые, слабоводопроницаемые или водоупорные	Прочность изменяется в широких пределах в зависимости от влажности. Крепость небольшая, f = 0,8—1,5. Сжимаемы или сильносжимаемы. Устойчивость в откосах зависит от влажности и высоты откоса. Разрабатываются ручным и механическим способом
—	—	Плотность изменяется в значительных пределах	Невлагоемкие, практически нерастворимые, водопроницаемые	Прочность зависит от плотности сложения. Крепость небольшая, f= = 0,8—1,5. Обычно слабосжимаемы. Устойчивость в откосах зависит от величины внутреннего трения. Разрабатываются ручным и механическим способом
Торф. Почва	Гипс, ангидрит. Каменная соль	Каждая разность пород требует индивидуальной оценки и применения специальных методов исследований		

Геолого-литологические признаки глинистых отложений, имеющие

Генетические типы	Распространение	Мощность	Условия залегания
I. Континентальные			
1 Элювиальные	Преимущественно на водораздельных пространствах	Единицы, редко десятки метров; обычно весьма изменчива по простиранию	Пластообразные залежи линзы, гнезда, карманы
2 Делювиальные	На водоразделах и склонах	Единицы, реже десятки метров	Покровы, пласты, залежи; часто слагают делювиальные шлейфы в основании склонов
3 Аллювиальные	В современных и древних долинах рек	Единицы, редко десятки метров	Пластообразные залежи, слои, линзы
4 Пролювиальные	На предгорных равнинах или в межгорных долинах	Десятки метров	Покровы, толщи, слагают периферические части конусов выноса, предгорные шлейфы
5 Ледниковые	На водораздельных пространствах и в древних доледниковых депрессиях	Единицы, реже десятки метров	Покровы, толщи, неправильные залежи, линзы
6 Озерные	В древних и современных котлованах, а также на аллювиальных и приморских равнинах	Единицы, реже десятки метров	Толщи, слои, пластообразные залежи, линзы
7 Болотные	Ограниченное, локальное на слабо дренируемых равнинах и низинах	Единицы метров	Маломощные толщи, слои, неправильные залежи, линзы
8 Эоловые	Широкое, региональное на различных орографических элементах независимо от гипсометрического положения	Единицы, часто десятки метров	Покровы, толщи
II. Лагунные	Широкое, региональное	Десятки и сотни метров	Толщи, внутри которых обычно неправильное (по простиранию и мощности) переслаивание пород разного состава
III. Морские	Очень широкое, региональное	Сотни метров	Мощные толщи

Таблица 2

значение для их региональной инженерно-геологической оценки

Однородность состава	Слоистость	Характерные особенности отложений
Степень однородности различна на разных стадиях выветривания	Отсутствует	Имеет тесную связь с подстилающими их коренными породами
В большинстве случаев неоднородные	Неясная, часто неправильная	Умеренная глинистость, иногда примеси и включения грубообломочного материала, часто лёссовидный облик и свойства. В южных районах засолены
Неоднородные	Правильная, тонкая, часто неясная	Умеренная глинистость, часто высокая обогащенность растительными остатками
Сравнительно однородные	Правильная	Умеренная глинистость, повышенная пылеватость, часто лёссовидный облик и свойства, повышенное содержание солей
Обычно весьма неоднородные	Отсутствует	Умеренная глинистость, повышенная пылеватость, большая неоднородность состава. Наличие включений валунов, линз и прослойков водоносных песков и слабых глинистых прослоев. Часто образуют несколько горизонтов в разрезе
В большинстве случаев однородные	Правильная, часто тонкая	Не выдержаны по простиранию, часто с хорошо выраженной слоистостью, ленточные; в южных районах засолены
Обычно недостаточно однородные	Правильная	Высокое содержание растительных остатков, слоев, прослоев, линз, торфа; свойства определяются свойствами торфа
Весьма однородные	Обычно неясная	Макропористые, сильно пылеватые, обладают характерной столбчатой отдельностью, карбонатные, в южных районах засолены
Однородные в пределах отдельных слоев	Правильная	Большая сложность разреза, в пределах которого частое переслаивание пород разного состава. Характерно содержание воднорастворимых соединений (гипс, ангидрит и др.) как в дисперснорассеянном виде, так и в виде линз, прослоев, пластов, жил
Обычно однородные	Наиболее правильная	Большая однородность состава и выдержанность по простиранию и мощности

Таблица 3

Инженерно-геологическая классификация глинистых пород

Степень литификации	Группа 1, предельно малая	Группа II, малая	Группа III, средняя	Группа IV, высокая	Группа V, предельно-высокая
Генетические типы	Континентальные (аллювиальные, болотные, озерные) Лагунные Морские	Континентальные (элювиальные, делювиальные, пролювиальные, аллювиальные, ледниковые, болотные, озерные, эоловые) Лагунные Морские		Континентальные Лагунные Морские	
Краткая характеристика	Явно или скрыто текучее состояние. Свободная вода преобладает над связанной, концентрация минеральных частиц мала, поэтому молекулярные взаимодействия между ними (структурные связи) ослаблены. Прочность предельно мала. Обладают способностью тиксотропных превращений. Под нагрузкой свободно уплотняются. Легко выжимается свободная вода.	Вязкотекучая или пластичная консистенция, молекулярные взаимодействия между минеральными частицами ослаблены развитием водных и водно-коллоидных сольватных пленок, оказывающих пластифицирующее — размягчающее действие. В порах может находиться и свободная иммобилизованная вода. При малых нагрузках оказывают некоторое сопротивление сдвигу, обнаруживают упругие свойства, при повышении нагрузки быстро развиваются пластические деформации. Остаточные деформации значительно превышают упругие и им сопутствуют даже при малых нагрузках.	Пластичная или полутвердая консистенция. Содержат только связанную воду. Силы молекулярного взаимодействия между частицами увеличены. Некоторое значение могут иметь и связи кристаллизационно-конденсационные. Прочность повышена. Деформации имеют характер структурно-адсорбционный. При малых нагрузках обнаруживают упругие свойства, при повышении усилий развиваются пластические деформации. Остаточные деформации значительны и сопутствуют упругим. Период релаксации напряжений значителен. Характерны явления ползучести,	Прочные кристаллизационно-конденсационные связи наряду с молекулярными. Наличие сольватных прослоек не экранирует полностью сил молекулярного взаимодействия между частицами, но оказывает пластифицирующее действие. Породы можно считать представителями полутвердых тел. Они обладают некоторой жесткостью, но иногда тугопластичны. При малых нагрузках проявляют упругие свойства. Для некоторых характерны явления упругих последствий благодаря замедленным деформациям пленок связанной воды. Временное сопротивление сжатию не превыша-	Прочные кристаллизационно-конденсационные связи. Являются представителями твердых тел, обладают жесткостью. При напряжениях до предела пропорциональности деформации имеют упругий характер, при превышении этого предела обнаруживают хрупкий характер разрыва — растрескиваются, деформации становятся необратимыми. Временное сопротивление сжатию измеряется сотнями *кг/см²*. Прочность пород определяется прочностью структурных связей и прочностью слагающих минеральных образований. Деформации сопряжены с

			напряжений непродолжителен. Характерны явления ползучести, связанные с медленными деформациями и отжатием воды иммобилизованной и сольватных слоев при гравитационном уплотнении.	медленными деформациями и отжатием сольватных слоев воды. Уплотнение носит характер затрудненной или замедленной консолидации	сятков *кг/см²*. При нагрузках, вызывающих разрушение структурных связей, переходят в пластичное состояние с большим периодом релаксации. Уплотнение носит характер замедленной консолидации, сопряжено с разрывом структурных связей и деформацией сольватно-адсорбционных слоев связанной воды. Деформации структурно-адсорбционные. В недрах земли в области повышенных давлений явления ползучести связаны не только с перекристаллизацией некоторых компонентов, но и с явлениями гравитационного уплотнения, сопровождающегося отжатием связанной воды	турных связей, так и кристаллов различных минералов. В недрах земли — в области повышенных давлений и температуры — характерны явления ползучести в виде медленных деформаций минеральных компонентов — перекристаллизации при определенной внешней нагрузке
Основные литологические признаки	Литологический тип	Илы супесчаные, суглинистые и глинистые, непылеватые и пылеватые	Супеси и суглинки пылеватые и непылеватые. Глины разной степени песчанистости, пылеватые и непылеватые		Аргиллиты	Аргиллиты сланцеватые
			Мягкие	Уплотненные		

Продолжение табл. 3

Степень литификации		Группа I, предельно малая	Группа II, малая	Группа III, средняя	Группа IV, высокая	Группа V, предельно высокая
Основные литологические признаки	Тип породы в зависимости от преобладающей группы глинистых минералов	Каолинитовые, гидрослюдисто-каолинитовые, каолинитово-гидрослюдистые, гидрослюдистые, бейделлит-гидрослюдистые, гидрослюдисто-бейделлитовые, кремнеземисто-бейделлитовые, бейделлит-кремнеземистые, бейделлит-монтмориллонитовые, бейделлитовые монтморилло-нитовые				—
	Емкость поглощения и состав поглощенных катионов	Малая поглотительная способность (до 15 *мг/экв* на 100 *г*), средняя (от 15 до 40 *мг/экв* на 100 *г*), большая (выше 40 *мг/экв* на 100 *г*). Na = глины, Ca = глины, глины насыщенные, глины ненасыщенные				—
	Степень и тип засоленности	Незасоленные (простых солей меньше 0,3%), слабозасоленные (0,3—1,0%), засоленные (1,0—3,0%), сильнозасоленные (больше 3,0%). Карбонатный, содовый, сульфатный, хлоридный, смешанный				—
	Структура	Пелитовая, алевропелитовая, псаммопелитовая, фитопелитовая, алевритовая, конгломератовидная, брекчиевидная				Бластопелитовая бластоалевритовая, микрочешуйчатая, криптозернистая
	Текстура	Массивная, тонкослоистая, толстослоистая, ленточная, косослоистая, беспорядочная, гнездовая, порфировидная				Сланцеватая
Важнейшие показатели физико-механических свойств	Естественная влажность, %	Выше 75—80	80—30	35—12	15—3	3—4
	Объемный вес скелета, *г/см*³	0,6—0,8	0,8—1,40	1,35—1,90	1,90—2,65	2,65—2,75

Пористость, %	75—80	80—40	45—25	30—4	4—5
Коэффициент пористости	3—4	3—0,60	0,60—0,35	0,30—0,1	0,1
Консистенция	Жидкая или вязкотекучая	Скрытотекучая, пластичная	Пластичная, тугопластичная, полутвердая	Тугопластичная, полутвердая	Твердая
Водоустойчивость	—	Водоустойчивые (не размокают или медленно размокают только с поверхности, не набухают), умеренно водоустойчивые (размокают, набухают), водонеустойчивые (быстро размокают, сильно набухают, дают большую усадку)			
Сжимаемость	Сильносжимаемые ($a > 0{,}1$ *см²/кг*, $l > 40$—50 *мм/м*)		Среднесжимаемые ($a = 0{,}1$—$0{,}01$ *см²/кг*, $l = 20$—40 *мм/м*)	Слабосжимаемые ($a = < 0{,}01$ *см²/кг*, $l = < 20$ *мм/м*)	
Сопротивление сдвигу	С малым сопротивлением сдвигу ($\operatorname{tg}\psi < 0{,}20$)		С повышенным сопротивлением сдвигу ($\operatorname{tg}\psi = 0{,}20 - 0{,}40$)	С высоким сопротивлением сдвигу ($\operatorname{tg}\psi > 0{,}40$)	
Временное сопротивление сжатию	—	—	Слабые ($\sigma_{сж} = < 5$ *кг/см²*), малой прочности ($\sigma_{сж} = 5$—15 *кг/см²*), средней прочности ($\sigma_{сж} = 15 - 50$ *кг/см²*), относительно прочные ($\sigma_{сж} > 50$ *кг/см²*)		
Прочие признаки, подлежащие учету при классификации	Состав и содержание органического вещества	Естественная уплотненность, У лёссовых пород — степень просадочности	Естественная уплотненность	Степень выветрелости и трещиноватости	—

(элювиальные), и вторичные — переотложенные (по Г. Райсу) или аллохтонные (по И. И. Гинзбургу). Дальнейшее подразделение основных генетических типов глин в этих классификациях производится в зависимости от условий накопления и переноса глинистого материала, минерального состава и степени измененности метаморфическими процессами.

Генетическими также являются классификации М. Ф. Викуловой [1], Б. Я. Меренкова [9] и М. С. Швецова [12].

В классификации М. Ф. Викуловой выделяются глины элювиальные и осадочные. Каждая из этих групп подразделяется по условиям накопления и далее — на неизменные и измененные процессами метаморфизма. Дальнейшее деление производится по минеральному и гранулометрическому составу, структуре, текстуре и т. д. Среди выделенных таким образом типов выделяются керамические типы по свойствам и областям применения.

По Б. Я. Меренкову, глины классифицируются на элювиальные, осадочные и метаморфизованные. Элювиальные затем подразделяются на группы в зависимости от того, из каких пород они образовались, а осадочные — в зависимости от процессов, обусловивших их образование.

М. С. Швецов глинистые породы подразделяет по условиям их образования (элювиальные, водноосадочные и уплотненные) и затем по минеральному составу. Такая же примерно схема подразделений сохраняется и в классификации Е. М. Сергеева [10].

Перечисленные классификации, разработанные для оценки глинистых пород как минерального сырья, инженерно-геологическим условиям не удовлетворяют, хотя многие из них, построенные на генетических признаках, могут явиться началом для построения нужной инженерно-геологической классификации глинистых пород.

Предлагаемая классификация также основывается в первую очередь на генетических признаках пород. Если рассмотреть особенности формирования различных генетических типов глинистых отложений и затем процессы литификации, преобразующие их состав, состояние и свойства [5, 6], можно сделать вывод, что свойства глинистых пород связаны со всей историей их развития и существования в земной коре. Исходя из этого, можно наметить и основы классификации пород.

По условиям образования глинистые отложения подразделяются на десять основных генетических типов (табл. 2). Каждый из типов отличается особенностями распространения и условий залегания, характером разреза, возможной мощностью, степенью однородности состава и пр. Условия отложения в известной мере предопределяют и литологический тип пород.

Отложившийся тем или иным способом глинистый осадок сразу же попадает в сферу воздействия различных процессов литификации. В соответствии с этим каждый генетический тип отложений в земной коре может оказаться в той или иной геохимической обстановке.

В зоне диагенеза устанавливается одна обстановка существования глинистого осадка, и это обусловливает формирование определенного литологического типа отложений соответственного состояния и свойств [6].

В зоне эпигенеза на различных глубинах устанавливаются разные геохимические условия существования глинистых пород. В соответствии с этим формируются определенные литологические типы пород, отличающиеся состоянием и свойствами. Соответственно будет различным и возраст пород, определяющий их стратиграфическое положение,

а также продолжительность воздействия на них процессов литификации.

В ходе преобразования в земной коре глинистые породы, переходя из одной зоны в другую, постепенно утрачивают одни признаки и свойства и приобретают новые. Степень их литификации количественно может быть охарактеризована показателями физико-механических свойств.

При таком подходе сразу намечается определенная естественная генетическая ветвь подразделений глинистых пород. В основе этого подразделения лежит происхождение пород — отнесение их к определенному генетическому или фациальному комплексу, а затем степень их литификации, выражением которой является литологический тип пород с определенным внешним обликом, составом, определенными структурными и текстурными признаками, состоянием и характеристикой структурно-механических свойств. При дальнейшем подразделении должны учитываться важнейшие физико-механические свойства пород.

Как видно из табл. 3, в предлагаемой инженерно-геологической классификации глинистых пород первую группу составляют илы современных континентальных, лагунных и морских бассейнов, представляющие собой отложения предельно малой степени литификаци. Эти отложения обладают естественной влажностью выше 75—80%, объемный вес их скелета обычно не превышает 0,6—0,8 *г/см*^{3}, а пористость достигает 78—80% и выше. Коэффициент пористости измеряется единицами (3—4). Они обычно имеют явно или скрыто текучее состояние. Свободная вода в их составе преобладает над связанной, концентрация минеральных частиц в единице объема осадка мала, поэтому молекулярные взаимодействия между ними (структурные связи) ослаблены. Прочность предельно мала. Обладают способностью тиксотропных превращений. Под нагрузкой свободно уплотняются, из них легко выжимается свободная вода.

Илы подразделяются по гранулометрическому и минеральному составу, по составу и содержанию органического вещества, емкости поглощения, составу поглощенных катионов и степени засоления. Из показателей физико-механических свойств для них важно учитывать те, которые характеризуют их консистенцию, сжимаемость и сопротивление сдвигу.

В эту группу должны быть включены также различные современные почвы как органо-минеральные континентальные образования предельно малой степени литификации. Отложения, составляющие первую группу, со строительной точки зрения представляют образования весьма слабые и по существующей строительной классификации [11] представляют одну из самых слабых разностей грунтов первой категории.

Вторую группу составляют весьма разнообразные континентальные, лагунные и морские образования малой степени литификации. Это преимущественно мягкие, мало уплотненные разности глинистых пород различного гранулометрического и минерального состава и свойств.

Такие разности пород встречаются преимущественно среди четвертичных или более древних отложений, залегающих на небольшой глубине от поверхности земли в платформенных областях.

Все эти разности мягких глинистых пород характеризуются высокой естественной влажностью (выше 30—35%), иногда достигающей 75—80% (иольдиевые глины). Объемный вес скелета их изменяется от 0,6—0,8 до 1,35—1,40 *г/см*^{3}, а пористость от 40—45 до 65—70%. Коэффициент пористости мягких разностей глинистых пород близок, а иногда и значительно больше единицы. Значение коэффициента естественной уплотненности K_d не превышает двух-четырех долей единицы, равен

нулю или меньше нуля. Они обычно имеют вязкую или пластичную консистенцию, молекулярные взаимодействия между минеральными частицами ослаблены развитием водных и водно-коллоидных сольватных пленок, оказывающих пластифицирующее — размягчающее действие. В порах может находиться и свободная иммобилизованная вода. При малых нагрузках оказывают некоторое сопротивление сдвигу, обнаруживают упругие свойства, при повышении нагрузки в них быстро развиваются деформации пластические.

Остаточные деформации значительно превышают упругие и им сопутствуют даже при малых нагрузках. Период релаксации напряжений непродолжителен. Для них характерны явления ползучести, связанные с медленными деформациями и отжатием воды иммобилизованной и сольватных слоев при гравитационном уплотнении. Благодаря большой сжимаемости и малому сопротивлению сдвигу породы являются слабыми и по существующей строительной классификации [11] принадлежат к грунтам второй категории.

В эту группу входят также лессовые породы как особая разность алевритовых макропористых континентальных пород эолового, пролювиального, делювиального или аллювиального происхождения, имеющие малую степень литификации.

Третью группу составляют разнообразные континентального, лагунного и морского происхождения породы средней степени литификации. Они представляют собой уплотненные разности глинистых пород различного гранулометрического и минерального состава и свойств. Эту группу составляют породы четвертичные или более древние, испытавшие относительно повышенную гравитационную нагрузку.

Для всех уплотненных разностей глинистых пород характерным является умеренная естественная влажность, которая изменяется от 12—14 до 25—30, реже до 35%. Объемный вес скелета изменяется от 1,35—1,40 до 1,90 *г/см*^{3}, а пористость от 25—30 до 40—45%. Коэффициент пористости меньше единицы, а коэффициент естественной уплотненности K_d близок или выше единицы. Породы имеют пластичную или полутвердую консистенцию, содержат только связанную воду. Силы молекулярного взаимодействия между частицами увеличены. Некоторое значение могут иметь и связи кристаллизационно-конденсационные. Прочность пород повышена. Деформации имеют характер структурно-адсорбционный. При умеренных нагрузках обнаруживают упругие свойства, при повышении усилий развиваются пластические деформации. Остаточные деформации значительны и сопутствуют упругим. Период релаксации напряжений значителен. Для них характерны явления ползучести, связанные с весьма медленными деформациями и отжатием сольватных слоев воды. Уплотнение носит характер затрудненной или замедленной консолидации [4].

По всем показателям породы этой группы являются вполне удовлетворительными грунтами. По существующей строительной классификации [11] они должны относиться к группам третьей категории.

Четвертую группу образуют породы континентального, лагунного или морского происхождения. Выделение различных генетических разностей среди континентальных образований затруднено значительной изменчивостью пород. Все эти породы высокой степени литификации. Типичными представителями этой группы являются разнообразные аргиллиты, встречающиеся только среди коренных пород платформенных и складчатых областей.

Естественная влажность аргиллитов изменяется от 3—4 до 12—15%, объемный вес скелета от 1,90 до 2,40—2,50 *г/см*^{3} (изредка больше).

Пористость аргиллитов может изменяться от 5—6 до 25—30%. Коэффициент пористости обычно меньше 0,4. Коэффициент естественного уплотнения больше единицы. Аргиллиты обладают прочными кристаллизационно-конденсационными связями наряду с молекулярными. Наличие сольватных прослоек не экранирует полностью силы молекулярного взаимодействия между частицами, но оказывает пластифицирующее действие. Эти породы можно считать представителями полутвердых тел. Они обладают некоторой жесткостью, но иногда тугопластичны. При умеренных нагрузках проявляют упругие свойства. Для некоторых характерны явления упругих последействий благодаря замедленным деформациям пленок связанной воды. Временное сопротивление сжатию не превышает единиц или десятков килограммов на квадратный сантиметр. При нагрузках, вызывающих разрушение структурных связей, аргиллиты переходят в пластичное состояние с большим периодом релаксации. Уплотнение носит характер замедленной консолидации, сопряжено с разрывом структурных связей и деформацией сольватно-адсорбционных слоев связанной воды. Деформации структурные и структурно-адсорбционные. В недрах земли в области повышенных давлений явления ползучести связаны не только с перекристаллизацией некоторых компонентов, но и с явлениями медленного гравитационного уплотнения, сопровождающегося отжатием связанной воды.

Эти породы могут являться хорошим естественным основанием для различных сооружений. По существующей строительной классификации они должны относиться к грунтам четвертой категории.

Пятую группу образуют те же породы, что и четвертую, но предельно высокой степени литификации. Это полускальные породы переходного типа от осадочных к метаморфическим. К ним должны относиться сланцеватые аргиллиты и отчасти глинистые сланцы, встречающиеся как в платформенных, так и особенно широко в складчатых областях.

Из показателей физических свойств для аргиллитов сланцеватых характерны следующие. Естественная влажность не превышает 4—5%. Объемный вес скелета близок к удельному весу и в среднем равен 2,65—2,70 $г/см^3$. Пористость сланцеватых аргиллитов не превышает нескольких процентов. Они обладают прочными кристаллизационно-конденсационными связями и являются представителями твердых тел. При напряжениях до предела пропорциональности их деформации имеют упругий характер, при превышении этого предела становятся хрупкими — растрескиваются, деформации их становятся необратимыми. Временное сопротивление сжатию измеряется сотнями килограммов на квадратный сантиметр. Прочность пород определяется прочностью их структурных связей и прочностью слагающих минеральных образований. Деформации сопряжены с разрывом как структурных связей, так и кристаллов различных минералов. В недрах земли — в области повышенных давлений и температуры — характерны явления ползучести в виде медленных деформаций минеральных компонентов и перекристаллизации при определенной внешней нагрузке.

Эти породы являются вполне хорошим естественным основанием для различных, и в том числе тяжелых, сооружений. Они относятся к пятой категории.

Исходя из предлагаемой классификации, можно определить методику полевого и лабораторного изучения глинистых пород, построить детальные классификации для определенных районов, строительных площадок или толщ глинистых пород и дать предварительную инженерно-геологическую их оценку.

Оценка инженерно-геологических свойств глинистых пород и их классификация не могут базироваться только на данных лабораторного изучения, необходимы полевые наблюдения для каждой стадии проектирования сооружений.

Использованная литература

1. Викулова М. Ф. Глины и каолин. Неметаллические ископаемые СССР, Т. 4. АН СССР, 1941.
2. Гинзбург И. И. Опыт характеристики генетических типов глинистых образований. Изв. Петрогр. политехн. института, 1915, XXII.
3. Земятченский П. А. Глины СССР. Общая часть. Изд-во АН СССР, 1935.
4. Ломтадзе В. Д. Изменение влажности глин при уплотнении их большими нагрузками. Зап. ЛГИ, 1953, т. 29, вып. 2.
5. Ломтадзе В. Д. Стадии формирования свойств глинистых пород при их литификации. ДАН СССР, 1955, т. 102, № 4.
6. Ломтадзе В. Д. О формировании свойств глинистых пород. Зап. ЛГИ. 1956, т. 32, вып. 2.
7. Райс Г. Глины, их залегание, свойства и применение. Госхимтехиздат, 1932.
8. Саваренский Ф. П. Инженерная геология, изд. 2-е. ГОНТИ, 1939.
9. Справочник для геологов, вып. 54. Глины. Требования промышленности к качеству минерального сырья. Госгеолиздат, 1948.
10. Сергеев Е. М. Общее грунтоведение. Изд-во МГУ, 1952.
11. Строительные нормы и правила, ч. IV, т. 1. Гос. изд-во по строит. и архитектуре, 1954.
12. Швецов М. С. Петрография осадочных пород. Госгеолиздат, 1948.