

14. Страшимиров Ст. Сулванит и колусит от молибденово-медного находище Медет. — Геохим., минерал., петрол. София, 1982, т. 15, с. 57—66.
15. Юшкин Н. П. и др. Ванадиево-мышьяковый германит из Пайхойских месторождений. — Зап. ВМО, 1975, ч. 104, вып. 1, с. 28—40.
16. Юшко-Захарова О. Е., Беляева И. Д., Дубакина Л. С. О минеральной форме присутствия германия в сульфидных рудах. — ДАН СССР, 1982, т. 267, № 2, с. 444—445.
17. Bergman H., Gonyer F. A. Re-examination of colusite. — Am. Mineral., 1939, vol. 24, N 6, p. 377—381.
18. Dangel P. N., Wuensch B. I. The crystallography of colusite. — Am. Mineral., 1970, vol. 55, N 9—10, p. 1787—1790.
19. Geier B. H., Otteman I. New primary vanadium-, germanium-, gallium- and tin-mineral from the Pb-Zn-Cu deposit Tsumeb, South West Africa. — Mineral. Deposita, 1970, vol. 5, p. 29—40.
20. IMA/COM Quantitative data File, Edited by N. F. M. Henry, Applied Mineralogy Group, Mineralogical Society, London, 1977.
21. Levy C. Contribution à la minéralogie des sulfides de cuivre type Cu_3XS_4 . — Mem. Bur. Rech. Geol. Mineral., 1967, vol. 54, p. 3—178.
22. Orlandi P., Merlino S., Duchi G. et al. Colusite: a new occurrence and crystal chemistry. — Canad. Mineral., 1981, vol. 19, p. 423—427.
23. Picot P., Troly G., Vincienne H. Précision nouvelles sur les mineralisation de Chizeuille. — Bull. Soc. Franc. Mineral. Cristal., 1963, vol. 86, N 4, p. 373—375.
24. Springer G. Electronprobe analyses of tetrahedrite. — Neus Jb. Mineral. Mh., 1969, p. 24—32.
25. Springer G. Microanalytical investigation into germanite, renierite, briartite and gallite. — Neus Jb. Mineral. Mh., 1969, p. 435—440.
26. Tettenhorst R. T., Corbato C. F. Crystal structure of germanite $Cu_{26}Ge_4Fe_4S_{32}$, determined by powder X-ray diffraction. — Am. Mineral., 1984, vol. 69, p. 943—947.

Поступила в редакцию
18.04.83

ВЕСТН. МОСК. УН-ТА. СЕР. 4. ГЕОЛОГИЯ, 1986, № 3

УДК 624.131.225(234.86)

В. А. Королёв

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ГЛИНИСТЫХ ПОРОД ЮГО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ГОРНОГО КРЫМА

Юго-западная часть Горного Крыма в междуречье Бодрака и Качи отличается большим многообразием в строении глинистых отложений, которые, однако, в инженерно-геологическом отношении изучены еще недостаточно. Широкое распространение на данной территории глинистых пород, развитие различных геологических процессов [1, 5], а также интенсивное освоение района вызывает необходимость всестороннего изучения здесь инженерно-геологических особенностей глинистых пород. Кроме того, район, как известно, является местом проведения геологической практики МГУ и других вузов. Все это обусловило задачу настоящей работы — дать общую инженерно-геологическую характеристику глин рассматриваемого района.

Минеральные и структурно-текстурные особенности глинистых пород. Особенности диагенеза и постседиментационного геохимического преобразования глинистых пород отразились на формировании их минерального состава и структурно-текстурных особенностях (табл. 1).

Наиболее древние из них — морские глины аптского яруса — характеризуются гидрослюдистым составом глинистой фракции. Вся толща аптских глин довольно однородна по минеральному составу, который мало меняется по площади.

Согласно данным рентгенофазового анализа*, для них характерно

* В обработке анализов глин принимали участие студенты геологического факультета МГУ Т. А. Петрова, Ф. Хвихи, М. А. Красилов, В. М. Щербанев.

Минеральный состав тонкодисперсной фракции глинистых пород по данным рентгенофазового анализа

№ обр.	Название породы	Геол. индекс	Содержание минералов, %					Место отбора	
			каолинит	хлорит	гидро-слюда	смешано-слоистые	монтмо-риллонит		примеси
1	Гидрослюдистая глина	K_1a	8—10	5—7	65—70	10—15	5	кальцит, кварц	сев.-зап. склон горы Сельбухры (заброшенный карьер)
2	Гидрослюдистая глина	K_1a	10	10	70—75	0—5	5	кальцит, анкерит	гора Белая
3	Монтмориллонитово-гидрослюдистая глина	$K_1a^{1/3}m^{2/3}$	3—5	10	55	—	35	кальцит 3—5%, кварц, плагноклаз	гора Придорожная (сев.-вост. склон)
4	Каолинит-хлорит-гидрослюдистая глина	$K_1a^{1/3}m^{2/3}$	30	25—30	30	—	—	кальцит 10—15%, кварц	гора Присяжная (зап. склон)
5	Гидрослюдистая глина	$K_1a^{1/3}m^{2/3}$	3—5	5—8	35—40	50—60	0—5	кальцит, кварц	Мангушский овраг
6	Гидрослюдистая глина	$K_2sp - t_1$	—	—	45—50	50—55	—	кальцит	гора Сельбухры (южн. склон)
7	Килевая глина	$K_{2st} - sp$	—	0—3	—	—	95—100	кальцит 3%, кварц, бюгит, циркон	овраг Аку-Дере
8	Гидрослюдистая глина	F_{2i}	—	—	20	65—70	0—5	кварц, цеолиты	с. Скалистое
9	Гидрослюдисто-монтмориллонитовая глина	F_{2i}	5	5	25	5—10	60—65	кальцит, кварц	гора Сувлу-Кая
10	Гидрослюдисто-монтмориллонитовая глина	spQ_{IV}	8—9	5—10	30—35	—	40—45	кальцит 10—15%	Мангушский овраг (современный отолзень)

наличие до 75% гидрослюды, до 15% — смешанно-слоистых минералов с соотношением гидрослюдистых и монтмориллонитовых пакетов 0,4:0,6, а также примесь каолинита и хлорита, тонкодисперсного кальцита, кварца и полевых шпатов. Глина содержит в обменном комплексе ионы Ca^{2+} , в основной глинистой массе имеются конкреции и мелкозернистые агрегаты анкерита.

Дисперсность аптских глин несколько меняется по району и разрезу (табл. 2). Наличие Ca^{2+} в обменном комплексе обуславливает аг-

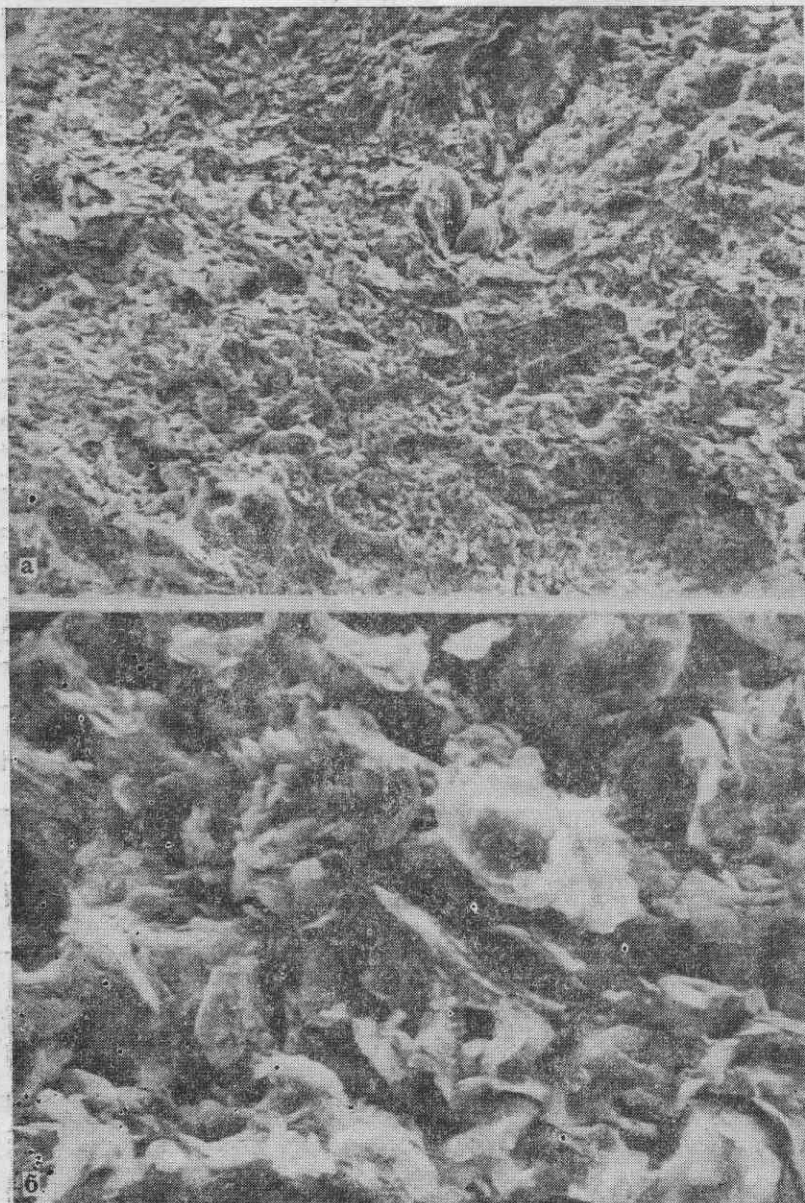


Рис. 1. Микростроение аптской глины, скол \perp : а — увеличение 500, б — увеличение 3000

Характеристика гранулометрического состава глинистых пород

№ обр.	Название породы	Геолог. индекс	Содержание фракций, %										Σ пылин (<0,001)
			>0,5	0,5—0,25	0,25—0,1	0,1—0,05	Σ песка	0,05—0,01	0,01—0,005	0,005—0,001	Σ пылин		
1	Гидрослюдистая глина	K _{1a}	—	—	1,13	2,98	4,11	10,49	9,22	33,79	53,5	42,39	
2	Гидрослюдистая глина	K _{1a}	—	0,3	1,2	0,1	1,6	8,6	20,4	65,4	94,4	4,0	
3	Монтмориллонитово-гидрослюдистая глина	K _{1a} ¹ _{3mn}	—	7,5	13,4	4,9	25,8	28,8	24,8	16,5	70,1	4,1	
4	Каолинит-хлорит-гидрослюдистая глина	K _{1a} ¹ _{3mn}	9,9	3,8	11,3	34,6	59,6	22,1	7,3	7,4	36,8	3,6	
5	Гидрослюдистая глина	K _{1a} ¹ _{3mn}	—	—	0,8— 4,0	16,5— 22,0	17,3— 26,0	25,0— 30,4	5,0— 8,3	15,0— 17,3	45,0— 56,0	18,0— 37,7	
6	Гидрослюдистая глина	K _{2sp} — t ₁	—	1,0	—	3,0	4,0	14,0	14,0	36	64	32	
7	Килевая глина	K _{2st} — cp	—	—	0,5	1,5	2,0	3,0	16,0	24,0	43,0	55,0	
8	Гидрослюдистая глина	P _{2i}	1,0	2,0	9,0	48,0	60,0	3,0	3,0	6,0	12,0	28,0	
9	Гидрослюдисто-монтмориллонитовая глина	P _{2i}	—	—	1,0	7,0	8,0	31,0	28,0	2,0	61,0	31,0	
10	Глина тяжелая	dpQ _{IV}	—	—	1,11	2,64	3,75	16,24	14,39	30,9	51,53	44,7	
11	Глина средняя	dpQ _{IV}	—	—	2,74	9,53	12,27	5,55	2,29	5,64	39,9	36,3	
12	Глина легкая	dpQ _{IV}	—	1,14	12,0	8,3	20,4	17,7	10,0	22,4	50,1	29,4	

регированность частиц гидрослюды и преобладание в микроагрегатном составе структурных элементов (агрегатов) пылеватого размера, главным образом фракции 0,01—0,001 мм.

Исследование микроструктуры аптских глин с помощью растрового электронного микроскопа (РЭМ), проведенное по методике [4], позволило всесторонне охарактеризовать их микростроение (рис. 1). Как следует из микрофотографии, представленной на рис. 1, для этих глин характерна матричная микроструктура, отличающаяся хаотичным (неориентированным) расположением микроагрегатов и частиц гидрослюды, образующих «матрицу». При этом более крупные частицы (рис. 1, а) тонкодисперсного кварца и полевых шпатов как бы погружены в основную массу и, как правило, не контактируют друг с другом. Связи между структурными элементами в основном коагуляционного и переходного типа. Исследование с помощью РЭМ сколов параллельно и перпендикулярно напластованию не показало сколь-нибудь заметной ориентировки глинистых частиц, т. е. в целом для аптских гидрослюдистых глин характерна изотропная микроструктура.

Для глин мангушской свиты ($K_1al_3^1mp$), образовавшихся в прибрежных морских условиях (заливах, лагунах), характерен весьма разнообразный минеральный состав (табл. 1). Так, в верхней части разреза в районе горы Придорожной серо-бурые глины имеют монтмориллонитово-гидрослюдистый состав с примесью каолинита (до 5%) и хлорита (до 10%), тонких частиц кварца, плагиоклаза и кальцита. Серовато-коричневые глины в районе горы Присяжной (западный склон) отличаются повышенным (до 30%) содержанием каолинита и хлорита, а также значительным (до 10—15%) содержанием карбонатов. Светло-коричневые глины, отобранные в левом борту Мангушского оврага (с. Прохладное, около дамбы), содержат до 50—60% смешаннослойных минералов с соотношением гидрослюдистых и монтмориллонитовых пакетов (0,2—0,4) : (0,8—0,6). Для всех мангушских глин характерно наличие в глинистой фракции тонкодисперсного кварца, кальцита, плагиоклазов.

Большая разнофациальность этих отложений обуславливает их существенное различие не только по минеральному составу, но и по дисперсности (табл. 2), и структурно-текстурным особенностям. Для них характерно в целом высокое содержание песчаной фракции (до 59,6%), особенно тонкопесчаной фракции размером 0,05—0,1 мм, и пылеватой (до 37,0—70,1%), что указывает на близость источников сноса терригенного материала при формировании данных отложений. В связи с этим адсорбированность частиц невысокая — глины, как правило, полидисперсные, высокой степени агрегированности с матричной или турбулентной микроструктурой. Структурные связи обусловлены коагуляционными и смешанными (коагуляционными и переходными) контактами.

Морские верхнемеловые глины, залегающие на границе верхнего сеномана и нижнего тулона в виде маломощных прослоев среди битуминозных известняков и темно-серых битуминозных мергелей, отличаются незначительным распространением по району. Для них характерно преобладание гидрослюды (до 45—50%) и смешаннослойных образований (до 50—55%) подвижного состава. Глины серовато-бурого цвета, плотные, также содержат в обменном комплексе ионы Ca^{2+} , в виде примеси присутствует тонкодисперсный кальцит и кварц.

Глины довольно высокодисперсны, средней и плохой отсортированности, содержат в основном глинистую и тонкопылеватую фракции

(частиц $<0,001$ мм содержится 32%, а частиц $<0,005$ — 68%) и практически не содержат песчаных частиц (табл. 2).

Монтмориллонитовые глины сантонского — кампанского яруса (называемые в Крыму также килом, или кефекелитом [3]) прослеживаются на рассматриваемой территории в виде маломощных прослоев в верхнемеловых отложениях главным образом на юго-западе территории (в районе Аксу-Дере, горы Тепе-Кермен). В целом же в Горном Крыму кил прослеживается в первой продольной долине и подножии второй предгорной гряды, к югу от Симферополя до Севастополя. Здесь же располагается хорошо известное Курцовское месторождение кила (кил является ценным полезным ископаемым), а в пределах рассматриваемой территории — Кудринское месторождение у подножия горы Тепе-Кермен [2]. Пласт кила здесь приурочен к белым мелоподобным известнякам и мергелям нижнего кампана.

Внешне кил представляет породу серого или серо-зеленого цвета, восковидную, жирную на ощупь, при раскалывании дающую небольшие плитки с раковистым изломом. Глина мономинеральная, состоит на 95—100% из монтмориллонита (табл.1). Из неглинистых минералов присутствуют обломки кварца, санидина, кальцита, олигоклаза, биотита; среди акцессорных минералов — циркон, ильменит, апатит, пироп-альмадин, ставролит и др. [2, 3]. Водорастворимых веществ кил содержит 0,064%, общая щелочность его водной вытяжки 0,52 мг-экв, рН водной вытяжки 7,2. В районе горы Тепе-Кермен выделяются Na- и Ca-формы кила. Емкость обмена Na-формы составляет 88—136 мг-экв на 100 г грунта, а Ca-формы — 94—121 мг-экв.

Согласно [7], монтмориллонитовые глины Курцовского месторождения в основном находятся в Ca-форме и имеют емкость обмена 94 мг-экв. Монтмориллонитовый состав кила обуславливает его высокую дисперсность: частиц $<0,005$ мм содержится около 80% (табл. 2). Микроструктура кила, изученная на РЭМ, показана на рис. 2 и характеризуется турбулентным и губчатым типами. На отдельных участках микроструктура кила ламинарная, при этом глинистые частицы контактируют друг с другом базальными плоскостями, образуя щелевидные микропоры размером 5—7 мкм по длине и 0,3—0,4 мкм по ширине. Контакты между частицами в основном коагуляционные.

Морские глины ипрского яруса содержат в своем составе в основном смешанно-слоистые образования, гидрослюдю и монтмориллонит. Цвет невыветрелых глин серо-зеленоватый или зелено-голубоватый. Минеральный состав глин очень неоднороден как по площади, так и по разрезу. Глины в районе с. Скалистое содержат в глинистой фракции до 65—70% смешанно-слоистых образований с соотношением гидрослюдистых и монтмориллонитовых пакетов 0,25; 0,75 и до 20% гидрослюдю (табл. 1). Глины из района горы Сувлу-Кая в основном монтмориллонитового состава (содержат до 65% монтмориллонита и до 25% гидрослюдю). В виде примесей глины ипрского яруса содержат 5—7% хлорита, глауконит, тонкодисперсный кварц и кальцит. В обменном комплексе содержатся в основном ионы кальция.

Состав глин по разрезу меняется довольно сильно, что заметно в обнажениях по визуальным признакам: цвет пород снизу-вверх становится менее зеленоватым в соответствии с уменьшением содержания в породе минералов группы хлорита и глауконита, одновременно увеличивается содержание карбонатов и в верхней части глины постепенно переходят в глинистые мергели.

Гранулометрический состав глин также изменчив по разрезу: наб-

людается переслаивание глинистых и опесчаненных прослоев, линз песка и неясно-слоистых глин. В соответствии с этим меняется и содержание в породе песчаных, пылеватых и глинистых частиц (табл. 2). Микроструктура глин матричная и турбулентная. Для отдельных разно-

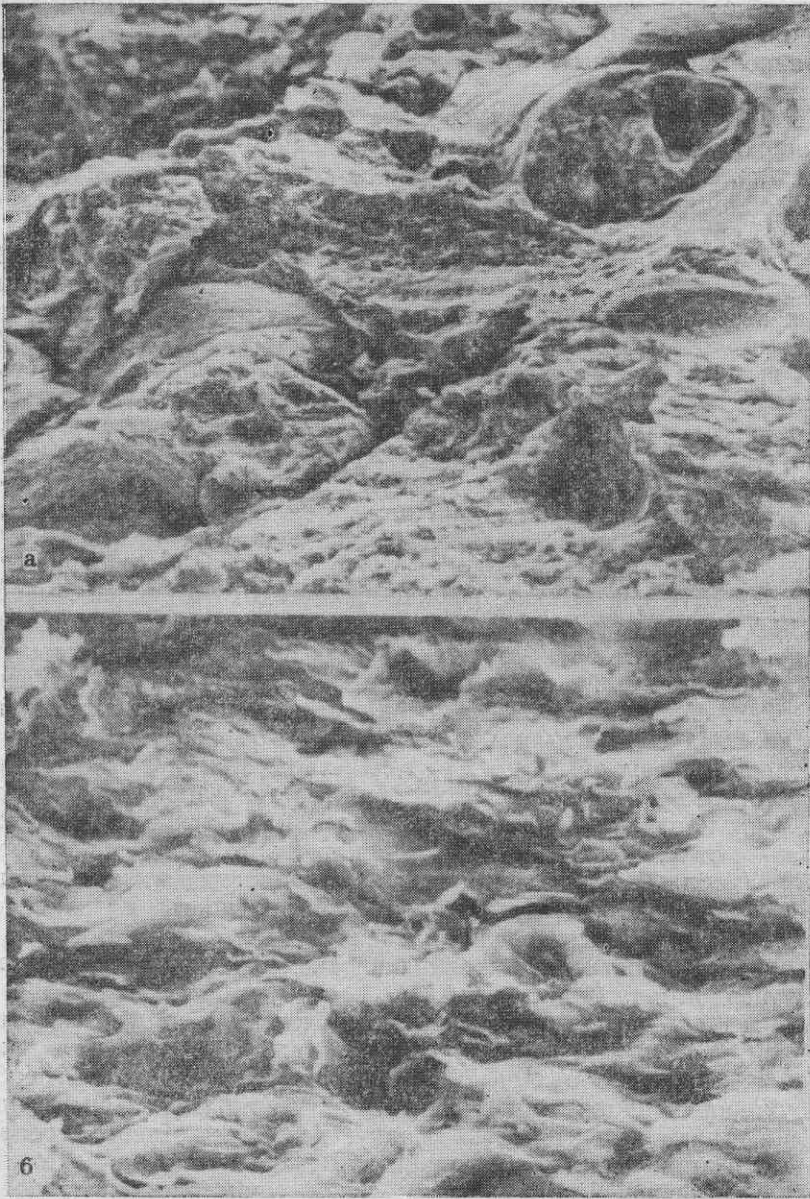


Рис. 2. Микростроение килевой глины, скол \perp : а — увеличение 500, б — увеличение 5000

стей с матричной микроструктурой характерно значительное содержание частиц песчаного и пылеватого размера.

Глины четвертичного возраста рассматриваемого района весьма разнообразны по своему минеральному составу и строению.

Среди них в районе Мангушского оврага, в его верхней части, широко распространены современные оползневые глинистые отложения (дрQ_{IV}), залегающие на аптских и мангушских глинах и слагающие оползень-поток, активизировавшийся в ноябре 1981 г. в районе нижнего шоссе с. Прохладное — пос. Научный. Минеральный состав этих глин в основном гидрослюдисто-монтмориллонитовый с примесью 8—9% каолинита, 5—10% хлорита. Глины содержат до 10—15% кальция, приносимого грунтовыми водами, и имеют ионы Ca²⁺ в обменном комплексе.

По гранулометрическому составу среди современных оползневых глин верховьев Мангушского оврага выделяются разности тяжелых, средних и легких глин (табл.2). Глины содержат также примеси гравийных обломков и щебня, состоящих из глауконитового песчаника и мергеля. Структурные связи глин коагуляционного и переходного типа.

Делювиальные глины, суглинки и супеси на рассматриваемой территории имеют почти повсеместное распространение. Минеральный состав их весьма различен, но общим является преимущественно гидрослюдистый состав глинистой фракции, плохая отсортированность частиц и высокое содержание карбонатов. Делювиальные глинистые отложения неоднородны, по гранулометрическому составу имеют неясную слоистость. Состав и строение делювиальных глинистых отложений во многом определяется типом пород, на которых они развиты. Так, например, делювиальные суглинки и глины, развитые в районе с. Верхоречье на аптских глинах, близки по своему минеральному составу к коренным гидрослюдистым глинам апта и отличаются лишь большим содержанием карбонатов.

Особенности физических, физико-химических и физико-механических свойств глинистых пород. Отмеченные характерные черты минерального состава и структурно-текстурных признаков глинистых пород рассматриваемого района обуславливают и определенные особенности физических, физико-химических и физико-механических свойств пород.

Гидрослюдистые глины аптского возраста имеют плотность твердой фазы от 2,5 до 2,75 г/см³, характеризуются довольно высокой плотностью в условиях естественного залегания: при влажности 24—27% их плотность меняется в пределах 1,81—2,20 г/см³, а плотность скелета — от 1,43 до 1,79 г/см³. Пористость их меняется в пределах 27—55% (табл. 3). Преобладание гидрослюдистых минералов в этой глине обуславливает ее повышенную гидрофильность и пластичность (число пластичности меняется в пределах 19—27% (табл. 4)). В зависимости от влажности консистенция аптских глин меняется от твердой до полутвердой и тугопластичной.

Глины обладают значительной способностью к набуханию, величина относительного набухания у них составляет 20,0—21,5% при начальной влажности образцов 20—24%. Конечная влажность свободного набухания аптских глин достигает 46% (табл.4). При дегидратации глины дают значительную усадку, поэтому их невыветрелая поверхность обычно сильно трещиновата. Размокаемость в воде аптских глин сильно зависит от влажности: сухие глины размокают довольно интенсивно и являются неустойчивыми, во влажном состоянии (при влажности 24% и более) глины практически не размокают. Указанные особенности определяют специфические деформационные, реологические и прочностные свойства этих глин.

Проведенные компрессионные испытания аптских глин показали, что для них характерна структурная прочность в пределах 0,002—0,15 МПа, коэффициент сжимаемости глин в интервале нагрузок 0,1—

Таблица 3

Характеристика физических свойств глинистых пород

№ обр.	Название породы	Геол. индекс	Глубина отбора, м	Естеств. влажность, %	Плотность твердой фазы, г/см ³	Плотность влажного грунта, г/см ³	Плотность скелета, г/см ³	Пористость, %	Коэффициент пористости
1	Гидрослюдистая глина	K _{1a}	0,8	24,0	2,45—2,5	2,21—2,23	1,79	27,0	0,37
2	Гидрослюдистая глина	K _{1a}	0,5	26,6	2,75	1,81	1,43	55,0	0,76
3	Монтмориллонитово-гидрослюдистая глина	K _{1a} l ₃ mp	1,5	30,0	2,75	1,78	1,37	60,0	0,87
4	Каолинит-хлорит-гидрослюдистая глина	K _{1a} l ₃ mp	0,5	8,0	2,8	2,17	2,01	48,0	0,43
5	Гидрослюдистая глина	K _{1a} l ₃ mp	1,0	20—26	2,6—2,7	2,1—2,2	1,33—1,75	35—50	0,49—1,0
6	Гидрослюдистая глина	K _{2cm} — t ₁	0,4	15,4	2,69	1,95	1,69	37,0	0,59
7	Килевая глина	K _{2st} — ср	0,6	31—62	2,5—2,62	1,46	1,22	50—71	0,84—1,0
8	Гидрослюдистая глина	F _{2i}	0,4	15,0	2,59	1,85	1,51	41,0	0,71
9	Гидрослюдисто-монтмориллонитовая глина	F _{2i}	0,8	17,0	2,59	2,12	1,81	30,0	0,43
10	Глина тяжелая	dpQ _{IV}	0,4	21,2	2,56	1,89	1,56	38,0	0,6
11	Глина средняя	dpQ _{IV}	0,3	36,4	2,56	1,79	1,31	48,0	0,91
12	Глина легкая	dpQ _{IV}	0,35	23,6	2,6	1,75	1,41	43,0	0,77

Таблица 4

Характеристика физико-химических свойств глинистых пород

№ обр.	Возраст	Влажность гигроскопическая, %	Влажность максимальная гигроскопическая, %	Максимальная молекулярная влагоемкость, %	Влажность естественная, %	Предел пластичности, %	Предел текучести, %	Число пластиности, %	Влажность набухания, %	Показатель консистенции	Время размокания, мин
1	K _{1a}	1,93—1,97	—	22	23,6—24	28—29	48—55	19—27	—	—0,23	не размокает
2	K _{1a}	1,5	4,5	19,5	26,6	24,0	46,0	22,0	46,0	0,11	не размокает
3	K _{1a} l ₂ mn	3,4	6,0	—	30,0	28,0	49,0	21,0	60,0	0,09	30
4	K _{1a} l ₂ mn	1,6	2,9	—	8,0	нет	30,0	—	49,0	—	5
5	K _{1a} l ₂ mn	3,1	7,5	17,5	20—26	32—34	42—52	8—10	82,7	—2,5	10—30
6	K _{2cm} —t ₁	1,42	—	—	15,4	33,0	41,0	8,0	—	—2,2	—
7	K _{2st} —cp	7,4—11,9	8—16,0	36,0	31—62	41—50	71—94	30—44	92—94	—0,3÷0,27	не размокает
8	F _{2i}	2,19	7,5	18,0	16,0	22,0	26,0	4,0	—	—1,75	90
9	F _{2i}	1,74	6,3	—	17,0	23,0	69,0	46,0	—	—0,13	не размокает
10	dpQ _{IV}	2,79	—	22,0	21,2	33,0	51,0	21,0	—	—0,56	не размокает
11	dpQ _{IV}	2,8	—	20,0	36,4	30,0	46,0	16,0	—	0,43	15
12	dpQ _{IV}	2,72	—	20,0	23,6	29,0	48,0	19,0	—	—0,28	7

0,4 МПа меняется в пределах $0,6-0,3 \text{ МПа}^{-1}$, а компрессионный модуль деформации для тех же нагрузок составляет 3,0—5,0 МПа.

Специфической особенностью прочностных свойств аптских глин является низкое значение угла внутреннего трения. Так, у образцов с естественной влажностью 24%, испытываемых по схеме неконсолидированного быстрого сдвига, угол внутреннего трения меняется в пределах от 10 до $14,5^\circ$, а сцепление при этом составляет 0,04—0,07 МПа. При замачивании образцов сцепление падает до 0,01—0,03 МПа, а угол внутреннего трения снижается до $6-9^\circ$. У образцов, испытываемых при той же влажности, но по схеме длительного консолидированного сдвига, сцепление меняется в пределах 0,02—0,04 МПа, а угол внутреннего трения снижается до $6,5-12^\circ$. Таким образом, низкие значения угла внутреннего трения и сцепления у аптских глин, снижающиеся также при увлажнении пород, обуславливают их весьма низкую прочность на сдвиг и в связи с этим — широкое развитие оползневых процессов в районах распространения таких глин (верховья Мангушского оврага, юго-восточный склон горы Сельбухры, район с. Верхоречья и др.).

Глинистые породы мангушской свиты весьма разнообразны по своим физическим, физико-химическим и физико-механическим свойствам (таблицы 3 и 4). Так, например, плотность твердой фазы этих глин меняется в пределах $2,6-2,8 \text{ г/см}^3$ в зависимости от минерального состава пород, плотность грунта — от $1,7$ до $2,2 \text{ г/см}^3$ в зависимости от влажности пород и их пористости. Наибольшей пористостью (до 60%) обладают монтмориллонитово-гидрослюдистые глины в основании горы Придорожной. Для них характерна высокая пластичность (число пластичности составляет 20—21%) и гидрофильность.

Для глинистых пород мангушской свиты, развитых в районе горы Присяжной, характерна сильная изменчивость физических и физико-химических свойств, обуславливаемая особенностями их состава, дисперсности и условий образования. Для сильно опесчаненных глин здесь характерно отсутствие пластичности (табл. 4, обр. № 4), высокая скорость размокания, низкое набухание. Все это обуславливает в местах выхода глин на дневную поверхность развитие оползневых процессов.

Верхнемеловые киловые глины имеют плотность твердой фазы от $2,5$ до $2,62 \text{ г/см}^3$, плотность грунта при естественной влажности составляет от $1,4$ до $1,8 \text{ г/см}^3$. Кил характеризуется высокой пористостью (50—71%) за счет своего монтмориллонитового состава и имеет резко отличные физико-химические свойства: это высокогидрофильная порода, гигроскопическая влажность которой достигает 12%, а максимальная молекулярная влагоемкость 36%, высокопластичная (число пластичности достигает 44%), обладающая значительным набуханием и усадкой, и практически не размокающая в воде в статических условиях во влажном состоянии. Влажность максимального свободного набухания этой глины достигает 92—94%.

В целом глины являются высококачественным адсорбентом. Теплота смачивания их водой составляет 117—118,5 Дж/г, бензолом — 39,1—39,8 Дж/г, соответственно коэффициент фильности меняется в пределах 2,95—3,0. Высокая дисперсность глин и особенности их минерального состава обуславливают их значительную удельную поверхность, которая меняется в пределах $1000-1020 \text{ м}^2/\text{г}$ (при определении по теплоте смачивания) и $675-865 \text{ м}^2/\text{г}$ (при определении методом БЭТ по адсорбции воды) [6]. Предельный сорбционный объем кила составляет $0,405-0,426 \text{ см}^3/\text{г}$, средний диаметр пор около $7,9-9,3 \text{ \AA}$, объем переходных пор равен $0,32-0,38 \text{ см}^3/\text{г}$.

В сухом состоянии невыветрелые образцы килевых глин довольно прочные, слабо сжимаемые, интенсивно размокают в воде с набуханием частиц и распадом агрегатов. Во влажном же состоянии кил имеет низкую прочность на сдвиг и высокую сжимаемость.

Гидрослюдистые глины ипрского яруса имеют плотность твердой фазы 2,59—2,6 г/см³. Плотность грунта в естественном сложении составляет 1,8—2,2 г/см³, плотность скелета грунта равна 1,5—1,8 г/см³, величина пористости меняется в пределах 30—40%.

В зависимости от минерального состава и дисперсности физико-химические свойства глин существенно меняются: пластичность их колеблется в широких пределах — от 4 до 46% по числу пластичности. Столь же существенно меняется и набухаемость, усадочность и размокаемость этих глин (табл. 4). Во влажном состоянии глины, особенно в выветрелой части, имеют низкую прочность на сдвиг, что обуславливает развитие оползневых процессов. С увеличением карбонатности этих глин в верх по разрезу меняются и их физико-механические свойства: за счет увеличения доли кристаллизационных структурных связей в породе увеличивается ее прочность на сдвиг и снижается сжимаемость.

Исследование современных оползневых глинистых отложений в районе Мангушского оврага показало, что плотность твердой фазы глинистых грунтов меняется в незначительных пределах 2,5—2,6 г/см³, плотность скелета грунта при естественной влажности колеблется в диапазоне 1,3—1,6 г/см³, плотность грунта в естественном сложении меняется от 1,75 до 1,89 г/см³. Пористость глин достигает 48%. Влажность глин в пределах современного оползня-потока достигает 36% и более, обуславливая мягкопластичную консистенцию глин. В целом глины высокопластичны, число пластичности достигает 21—27%. Набухаемость глин во многом зависит от начальной влажности; чем она ниже, тем сильнее набухает глина, при этом величина относительного набухания меняется в пределах 2—17%. Размокаемость глин оползневых отложений также существенно зависит от исходной влажности: глины с высокой влажностью обладают низкой скоростью размокания.

Изучение деформационных, реологических и прочностных свойств оползневых глинистых пород района Мангушского оврага показало, что коэффициент сжимаемости их при нормальной нагрузке в диапазоне 0,1—0,4 МПа меняется в пределах 0,75—0,34 МПа⁻¹, а компрессионный модуль деформации в том же диапазоне давлений составляет 2—5 МПа. Испытание образцов глин по схеме быстрого сдвига показало, что угол внутреннего трения довольно низок и составляет всего 7—10°, а сцепление равно 0,03—0,07 МПа. Отмеченная незначительная прочность на сдвиг этих пород, особенно снижающаяся при их увлажнении, вызывает деформации смещения оползня-потока многократной активизации в верховьях Мангушского оврага, а также определяет широкое развитие оползневых процессов на других участках рассматриваемой территории.

Выводы. В результате исследования состава, строения и инженерно-геологических свойств глинистых пород юго-западной части Горного Крыма можно сделать следующие выводы. 1. Изученные глины имеют в основном преимущественно гидрослюдистый состав за исключением кила, характеризующегося монтмориллонитовым (до 95—100%) составом. Почти все глины являются полиминеральными и содержат в виде примесей каолинит и хлорит. В обменном комплексе преобладают ионы кальция. 2. Наиболее дисперсными являются килевые гли-

ны, а также гидрослюдистые глины аптского возраста. Особенно значительно дисперсность меняется у разнофациальных полиминеральных глин мангушской свиты, а также у современных оползневых глинистых отложений. 3. Глины находятся в основном в твердой консистенции за исключением гидрослюдистых глин аптского возраста и современных глинистых отложений, имеющих пластичную консистенцию. Наиболее пластичны киловые глины, высокой пластичностью обладают также аптские, ипрские глины и современные глинистые отложения. Их высокая пластичность, способность набухать и давать усадку, преимущественно коагуляционные структурные связи и низкая прочность обуславливают развитие оползневых процессов в местах распространения этих глин, характеризующихся неблагоприятными инженерно-геологическими условиями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Инженерная геология СССР, т. 8. Кавказ, Крым, Карпаты. Изд-во Моск. ун-та, 1978.
2. Лебединский В. И., Кириченко Л. П. Минералогия и генезис крымского кила. — В кн.: Тез. докл. XI Всес. совещ. по изучению и использованию глин и глинистых минералов. М., 1976, с. 134—136.
3. Морозов С. С. Материалы по региональному грунтоведению. Изд-во Моск. ун-та, 1964.
4. Осипов В. И., Соколов В. Н., Коломенский Е. Н. Изучение морфологических особенностей структуры. — В кн.: Методич. пособие по инж.-геол. изучению горных пород, т. 2. М., 1984, с. 176—196.
5. Попов И. В. Инженерная геология СССР, ч. II. Европейская часть СССР. Изд-во Моск. ун-та, 1965.
6. Таран Н. Г., Артеменко Т. П. Гидрофильные и адсорбционные свойства некоторых глин Крыма и Приднестровья. — Адсорбция и адсорбенты, 1977, № 5, с. 64—66.

Поступила в редакцию
30.11.84

ВЕСТН. МОСК. УН-ТА. СЕР. 4. ГЕОЛОГИЯ, 1986, № 3

УДК 550.312

А. Г. Гайнанов, Д. А. Гилод, В. Р. Мелихов

ПЛОТНОСТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЛИТОСФЕРЫ ПЕРЕХОДНЫХ ЗОН ТИХООКЕАНСКОГО ТИПА

Измерения силы тяжести в активных океанических окраинах, к которым относятся переходные зоны Тихоокеанского типа, имеют большое значение для выявления плотностных неоднородностей коры, литосферы и верхней мантии, прослеживания изменения мощности слоев земной коры и литосферы, трассирования разломов различной глубины заложения. Гравиметрические данные позволяют определять прочность коры, вязкость вещества астеносферы и верхней мантии, выявлять механизмы, нарушающие изостатическое равновесие и темпы его восстановления, оценить механические напряжения в литосфере. Совместная интерпретация гравиметрических данных с результатами сейсмических исследований земной коры показала невозможность полностью объяснить наблюдаемые интенсивные гравитационные аномалии активных океанических окраин только изменениями мощности и состава земной коры. На основании опубликованных результатов сейсмических исследований построены разрезы земной коры, пересекающие структуры глубоководных желобов, островных дуг и окраинных морей. По известному эмпирическому соотношению, связывающему плотность