

*Лейли СААРСЕ*

## СОСТАВ И ГЕОТЕХНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ОТДЕЛЬНЫХ ТИПОВ ОЗЕРНО-ЛЕДНИКОВЫХ ГЛИНИСТЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ЮЖНОЙ ЭСТОНИИ

По генетическим особенностям верхневалдайские озерно-ледниковые глинистые отложения Южной Эстонии могут быть подразделены на три разновидности: приледниковые, внутриледниковые наложенные и межхолмовые. Они отличаются по гипсометрическому положению, вещественному составу и геотехническим свойствам.

Приледниковые залежи, образовавшиеся перед краем активного ледника, прослеживаются в настоящее время либо на небольших равнинах (в окрестностях Тсиргулинна, Сангасте, Вастсе-Рооза, Мынисте, Мээрпалу), либо в пределах древних долин (Ахья, Камбья, Вяйке-Эмайги, Суур-Эмайги). Для их глин характерна красновато-бурая или бурая окраска, а для нижних частей разрезов фиолетовый оттенок (Валга, Тсиргулинна, Корва). Ленточная текстура выражена, как правило, весьма четко. Их обычная мощность 3—5 м, реже более 10 м.

Внутриледниковые наложенные глинистые отложения приурочены к возвышенным участкам макрорельефа Эстонии. Более широко они распространены на Хааньяской и Отепяской, меньше на Сакалаской и Карулаской возвышенностях. Покрывая камы и моренные холмы, они часто занимают гипсометрически наиболее высокие водораздельные участки. Это преимущественно красновато-бурые суглинки и глины мощностью от 3—5 до 10—11 м (Суур-Мунамяги, Юузамяги). Сезонные ритмы в них часто выражены в виде регулярно повторяющихся песчаных и супесчаных прослоев в слабоотсортированной массе глины (Пиррус, 1968).

Межхолмовые залежи занимают котловины, гляциодепрессии и другие впадины, заполненные в настоящее время озерно-болотными образованиями. В этих местах озерно-ледниковые глины и суглинки синевато-серые или серые, текучие, ленточная текстура выявляется лишь после некоторого подсыхания отложений.

Рентгеноструктурные исследования показывают (Саарсе, Утсал, 1974), что в составе глинистой фракции этих типов глинистых отложений явно преобладают диоктаэдрические гидрослюды (50—90%), затем следуют каолинит (10—30%) и хлорит (до 10%). В некоторых образцах установлено наличие смешанослойных образований типа монтмориллонит-гидрослюда, вермикулит и монтмориллонит. Различия между отдельными типами не улавливаются, что вполне естественно, если учесть одинаковый исходный материал для образований, а также незначительное изменение его состава во время седиментации и диагенеза.



По усредненному гранулометрическому составу (рис. 1) выявляется большое сходство при- и внутриледниковых залежей. Они представлены преимущественно тяжелыми пылеватыми суглинками. Межхолмовые залежи отличаются более глинистым составом и легким пылеватым типом глин. Содержания отдельных фракций во всех выделяемых залежах сравнительно изменчивы (табл. 1), о чем свидетельствует и коэффициент вариации до 25—30%. Глинистая фракция составляет в среднем 25—40%, пылеватая — 49—65% при явном преобладании мелкопылеватых частиц. Песок, в основном тонкозернистый, содержится в количестве лишь 10—12%, однако в отдельных пробах может достигать 59,5% (табл. 1).

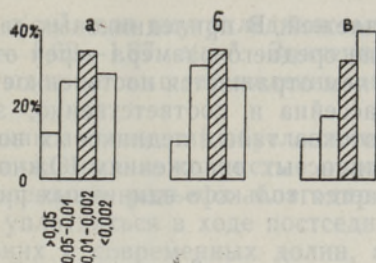


Рис. 1. Усредненный гранулометрический состав озерно-ледниковых глинистых отложений: а — приледниковые (456 проб), б — внутриледниковые (139 проб), в — межхолмовые (31 проба).

Таблица 1

Гранулометрический состав озерно-ледниковых глинистых отложений Южной Эстонии

Генетический тип отложений	Количество определений	Минимальное	Максимальное	Среднеарифметическое	Среднеквадратичное отклонение	Коэффициент вариации
Глинистая фракция (<0,002 мм)						
Приледниковые	456	10,2	64,4	28,0	7,14	25,5
Внутриледниковые	139	10,4	50,0	25,0	7,84	31,4
Межхолмовые	31	10,4	59,4	39,9	9,50	23,8
Мелкопылеватая фракция (0,01—0,002 мм)						
Приледниковые	456	3,4	65,2	33,8	6,59	19,5
Внутриледниковые	139	6,1	47,9	34,4	—	—
Межхолмовые	31	6,4	47,1	32,3	—	—
Крупнопылеватая фракция (0,05—0,01 мм)						
Приледниковые	456	0,5	66,5	25,8	5,71	22,1
Внутриледниковые	139	11,2	52,6	30,5	—	—
Межхолмовые	31	0	68,6	17,1	—	—
Песчаная фракция (2—0,05 мм)						
Приледниковые	456	0,2	59,5	12,4	10,3	83
Внутриледниковые	139	0	51,2	10,1	—	—
Межхолмовые	31	0	52,1	10,7	—	—

Изменчивость гранулометрического состава в пределах одного выделенного типа обусловлена большими колебаниями гидродинамики водоемов во время седиментации. Фациальные различия характерны прежде всего для приледниковых залежей. Во внутриледниковых они выражены крайне слабо (Куршс, 1967) или отсутствуют совсем (Рухина, 1970).

Изменения гранулометрического состава по вертикальному разрезу связаны с текстурными особенностями глинистых отложений, которые, в свою очередь, предопределены изменениями условий седиментации и перестройкой системы питания во время накопления рассматриваемых



залежей. В приледниковых залежах Западной Эстонии общее уменьшение среднего размера зерен отмечается, как известно, вверх по разрезу, в чем отражается постепенное удаление края ледника — питающей зоны бассейна и, соответственно, затухание гидродинамической активности потоков талых ледниковых вод (Пиррус, 1968). В озерно-ледниковых глинистых отложениях Южной Эстонии такая закономерность улавливается только в единичных разрезах (рис. 2, а). Здесь, напротив, увели-

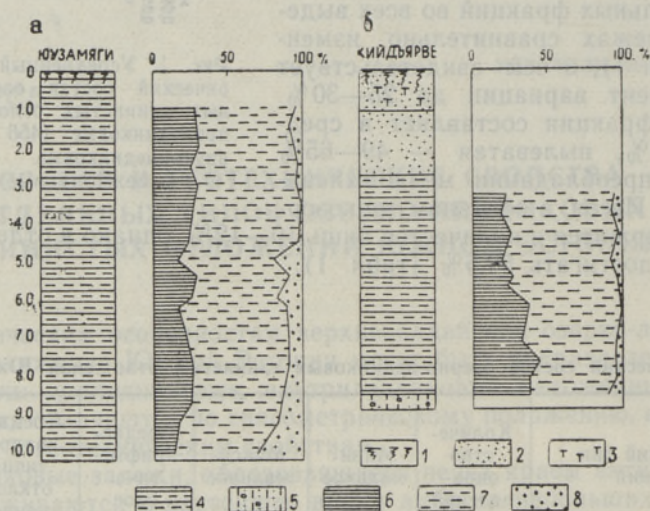


Рис. 2. Изменение гранулометрического состава по вертикальному разрезу: 1 — почва, 2 — песок, 3 — насыпь, 4 — ленточные глины, 5 — морена, 6 — фракция  $< 0,002$  мм, 7 — фракция  $0,05-0,002$  мм, 8 — фракция  $> 0,05$  мм.

чение среднего размера зерен наблюдается вверх по многим разрезами (Корва, Кийдъярве; рис. 2, б), что можно объяснить мелководностью небольших седиментационных бассейнов сложной конфигурации.

Гранулометрический состав озерно-ледниковых глинистых отложений на выходах средне- и верхнедевонских пород не отличается на крайнем юго-востоке Эстонии и в северных районах, так как мощный четвертичный покров затушевывает здесь прямое влияние пород коренного ложа (Saarse, в печати). Последнее улавливается лишь для территории Эстонии в целом (Пиррус, Раукас, 1963).

В соответствии с довольно разнообразным минеральным составом средние значения удельного веса разных типов озерно-ледниковых глинистых отложений практически не меняются и составляют во всех случаях  $2,71-2,72$  г/см<sup>3</sup>. Среднеквадратичное отклонение ( $0,018-0,028$  г/см<sup>3</sup>) и коэффициент вариации ( $0,66-1,05\%$ ) свидетельствуют о большой однородности этого показателя в целом. Несколько заниженный удельный вес межхолмовых залежей обусловлен, видимо, частичным выщелачиванием железистых минералов в восстановительных условиях.

Объемный вес позволяет выделить среди рассматриваемых глинистых отложений две группы: а) приледниковые и внутрiledниковые уплотненные глинистые отложения с объемным весом соответственно  $2,00$  и  $1,98$  г/см<sup>3</sup> и б) слабоуплотненные межхолмовые залежи с объемным весом  $1,78$  г/см<sup>3</sup>. Пределы изменения крайних значений довольно широки:



для приледниковых залежей — 1,76—2,20 г/см<sup>3</sup>, для внутриледниковых — 1,83—2,23 г/см<sup>3</sup>, для межхолмовых — 1,62—1,97 г/см<sup>3</sup>. Значения объемного веса скелета согласуются с вышеприведенными: 1,59, 1,60, 1,23 г/см<sup>3</sup> соответственно.

Расхождения плотностных свойств изученных отложений обусловлены прежде всего условиями залегания. Внутриледниковые глинистые отложения на куполах и холмах холмисто-моренного рельефа благодаря обычно хорошим условиям дренажа могли уплотняться в ходе постседиментационных процессов. Множество древних и современных долин, а также уклон приледниковых равнин улучшают дренажные условия приледниковых залежей. Уплотнению благоприятствуют и текстурные особенности: хорошая дифференциация материала на разноразмерные сезонные слои. Межхолмовые залежи в замкнутых котловинах и гляциодепрессиях, наоборот, не имеют способствующих факторов для дренажа и вместе с тем для уплотнения.

Естественная влажность находится в тесной корреляции с плотностными свойствами. Наложённые залежи, занимающие гипсометрически наиболее высокое расположение, отличаются наименьшей влажностью — от 14,7 до 42,3%, в среднем 22,4%. Естественная влажность приледниковых залежей мало отличается от вышеприведенных значений. Межхолмовые глины содержат влаги почти в 1,5—2 раза больше, чем при- и внутриледниковые (табл. 2).

Явное уменьшение влажности с глубиной в наложенных залежах связано с уменьшением их пористости в том же направлении (рис. 3). В приледниковых отложениях такая закономерность не устанавливается, но общая влажность уменьшается к верхним уровням залежей, наиболее дренируемых в настоящее время (рис. 4).

Повышенная плотность при- и внутриледниковых глинистых отложений усугубляется их заниженной пористостью (в среднем 41,3 и 40,3%). Коэффициент пористости — 0,71 и 0,69. Величины пористости межхолмовых залежей более высокие — от 47,7 до 62,2%, в среднем 54,7%, коэффициент пористости — от 0,80 до 1,72, в среднем 1,19.

Консистенция при- и внутриледниковых глинистых отложений в большинстве случаев пластичная, межхолмовых — всегда текучая. Сравнительно низкие пределы Аттерберга обусловлены гидрослюдистым составом отложений и их пылеватостью (табл. 1). Числа пластичности большинства проб (82%) соответствуют величинам, характерным для суглинков. Глины по этим показателям составляют 11% и супеси — 6,3%.

Коллоидная активность, характеризующая пластичность глинистой фракции, низкая. По этой величине 90,2% изученных образцов относится к группе с низкой, 8,6% — со средней и 1,2% — с высокой коллоидной активностью. Высокоактивными оказались приледниковые

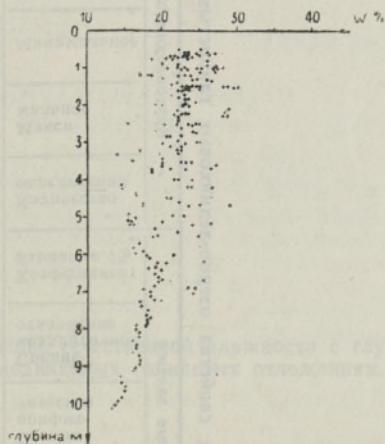


Рис. 3. Уменьшение естественной влажности с глубиной во внутриледниковых наложенных глинистых отложениях.



Таблица 2  
Геотехнические свойства озерно-ледниковых глинистых отложений Южной Эстонии

Вид анализа	Приледниковые залежи						Внутриледниковые залежи						Междолинные залежи					
	Количество определений	Максимальное	Минимальное	Средне-арифметическое	Средне-квadraticное отклонение	Коэффициент вариации, %	Количество определений	Максимальное	Минимальное	Средне-арифметическое	Средне-квadraticное отклонение	Коэффициент вариации, %	Количество определений	Максимальное	Минимальное	Средне-арифметическое	Средне-квadraticное отклонение	Коэффициент вариации, %
Удельный вес, $g/cm^3$	312	2,83	2,63	2,72	0,028	1,03	117	2,79	2,60	2,71	0,018	0,66	27	2,76	2,67	2,71	0,018	0,66
Объемный вес, $g/cm^3$	289	2,20	1,76	2,00	0,074	3,70	70	2,23	1,83	1,98	0,063	3,18	30	1,97	1,62	1,78	0,075	4,21
Объемный вес скелета, $g/cm^3$	289	1,90	1,28	1,59	0,089	5,60	70	1,86	1,48	1,60	0,079	4,94	30	1,42	0,99	1,23	0,059	4,80
Естественная влажность, %	983	43,0	16,9	28,0	3,82	13,64	307	42,3	14,7	22,4	3,82	17,05	75	62,4	29,2	42,3	7,0	16,55
Пористость, %	289	54,0	29,9	41,3	5,05	12,23	70	45,2	31,4	40,3	3,32	8,25	30	62,2	47,7	54,7	3,08	5,63
Коэффициент пористости	289	1,18	0,43	0,71	0,066	9,29	70	0,84	0,48	0,69	0,078	11,30	30	1,72	0,80	1,19	0,063	5,29
Предел текучести, %	617	60,0	17,4	34,3	6,34	18,48	164	46,3	20,6	30,9	4,85	15,69	36	45,0	24,3	33,9	3,9	11,50
Предел пластичности, %	617	32,9	9,0	21,2	3,26	15,38	164	28,3	12,2	19,4	2,75	14,18	36	25,9	21,5	21,5	2,4	11,16
Число пластичности	617	28,0	4,4	13,1	3,80	29,0	164	22,7	4,4	11,5	3,38	29,39	36	20,5	4,7	12,4	3,6	29,03
Содержание глинистой фракции, %	456	64,4	10,2	28,0	7,14	25,50	139	50,0	10,4	25,0	7,84	31,36	31	59,4	10,4	39,9	9,5	23,81
Коэффициент сжимаемости, $cm^2/kg$	124	0,060	0,006	0,027	0,006	22,22	20	0,048	0,012	0,029	0,008	27,59	28	0,544	0,047	0,163	0,030	18,40
Угол внутреннего трения, градус	94	35	11	26	2,8	10,77	18	36	17	27	3,8	14,07	18	23	16	20	—	—
Сцепление, $kg/cm^2$	94	0,61	0	0,20	0,11	55,0	18	0,40	0,02	0,15	0,09	60,0	18	0,11	0,01	0,04	—	—

отложения окрестности Валга, содержащие в составе глинистой фракции, кроме гидрослюд, значительное количество минералов с разбухающей решеткой типа монтмориллонита (15—20%).

На основе коэффициента сжимаемости при- и внутриледниковые глинистые отложения являются слабо- или среднесжимаемыми (0,027—0,029  $см^2/кг$ ), а межхолмовые — сильносжимаемыми (0,163  $см^2/кг$ ). Анализ компрессионных кривых убеждает нас в наличии структурной прочности при- и внутриледниковых залежей порядка 0,1—0,3  $кг/см^2$ . Структурная прочность межхолмовых залежей практически равна нулю, что выражается в недоуплотненности этого вида отложений.

Рассчитанный модуль общей деформации характеризуется значениями 30—50  $кг/см^2$  для при- и внутриледниковых отложений и 10  $кг/см^2$  для межхолмовых.

Сопротивление сдвигу при- и внутриледниковых залежей также почти равно, угол внутреннего трения отличается лишь на  $1^\circ$ , а сцепление на 0,05  $кг/см^2$  (табл. 2). Заниженные сдвиговые параметры свойственны межхолмовым залежам: угол внутреннего трения  $20^\circ$ , сцепление 0,04  $кг/см^2$ .

При сравнении геотехнических свойств вышеприведенных типов озерно-ледниковых глинистых отложений выявляется, что весьма близкие по составу залежи обладают резко отличными свойствами, требующими учета при инженерно-геологических работах. При- и внутриледниковые залежи, попавшие после образования в сравнительно хорошие дренируемые условия, значительно уже консолидировались в процессе постседиментационных изменений и поэтому обладают удовлетворительными геотехническими свойствами и хорошей несущей способностью. Межхолмовые залежи, которые остались в трудно дренируемых ложбинах местности, слабо дегидратировались в последние этапы. Им, как и глинам Западно-Эстонской низменности (Vilo, 1962), свойственны большая пористость, влажность и сжимаемость, а следовательно, и мень-

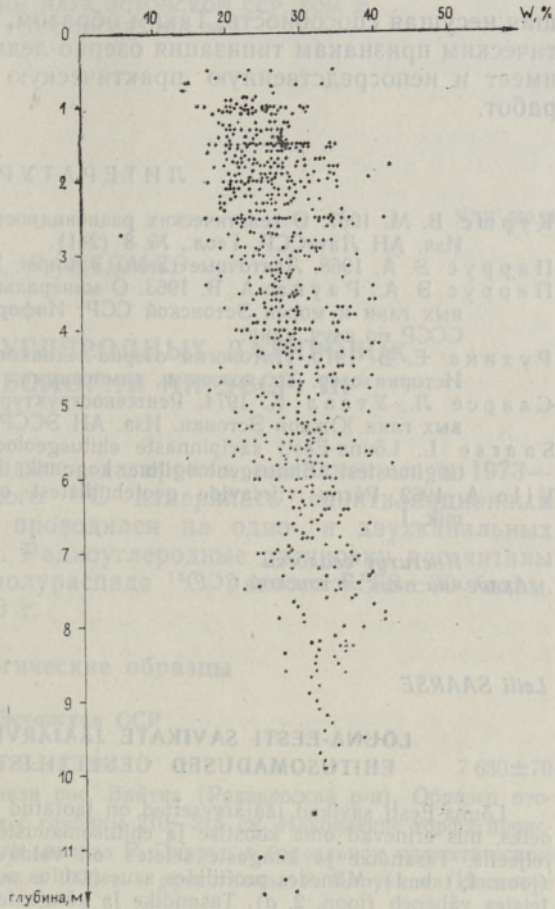


Рис. 4. Изменение естественной влажности с глубиной в приледниковых глинистых отложениях.



шая несущая способность. Таким образом, представленная выше по генетическим признакам типизация озерно-ледниковых глинистых отложений имеет и непосредственную практическую ценность для строительных работ.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Куршс В. М. 1967. О генетических разновидностях лимногляциальных глин Латвии. Изв. АН ЛатвССР, Геол., № 8 (241).  
 Пиррус Э. А. 1968. Ленточные глины Эстонии. Таллин.  
 Пиррус Э. А., Раукас А. В. 1963. О минеральном составе мелких фракций ленточных глин и морен Эстонской ССР. Информ. бюл. IV пленума Комис. АН СССР по изуч. глин.  
 Рухина Е. В. 1970. Литология озерно-ледниковых отложений, слагающих звонцы. История озер. Тр. всесоюзн. симпозиума, вып. II. Вильнюс.  
 Саарсе Л., Утсал К. 1974. Рентгеноструктурная характеристика озерно-ледниковых глин Южной Эстонии. Изв. АН ЭССР, Хим. Геол., 23, № 3.  
 Saarse L. Lõuna-Eesti savipinnaste ehitusgeoloogiliste omaduste sõltuvus lasumistingimustest. Ehitusgeoloogiline kogumik, IV (trükkis).  
 Vilo A. 1962. Pärnu viirsavide geotehnilistest omadustest. Ehitusgeoloogiline kogumik, I.

Институт геологии  
 Академии наук Эстонской ССР

Поступила в редакцию  
 30/V 1975

Leili SAARSE

#### LÕUNA-EESTI SAVIKATE JÄÄJÄRVESETETE KOOSTIS JA EHITUSOMADUSED GENEETILISTE TÜÜPIDE KAUPA

Lõuna-Eesti savikad jääjärvesetted on jaotatud tasandike, küngaste ja nõgude lasundiks, mis erinevad oma koostise ja ehitusomaduste poolest ning asendilt nüüdisaegses reljeefis. Tasandike ja küngaste setetes on valdavad liivsavid, nõgude setetes savid (joon. 1, tab. 1). Mõnedes profiilides sauesisaldus suureneb sügavuse suunas (joon. 2, b), teistes väheneb (joon. 2, a). Tasandike ja küngaste savikel setetel on suhteliselt väike poorsus ja kokkusurutavus ning suur nihketugevus, järelkult hea kandevoime (tab. 2). Nõgude voolava konsistentsiga savikel setetel seevastu on suur poorsus ja kokkusurutavus ning väike nihketugevus ja seepärast ka väike kandevoime (tab. 2).

Leili SAARSE

#### COMPOSITION, GEOTECHNICAL PROPERTIES AND TYPES OF SOUTH-ESTONIAN LIMNOGLACIAL CLEYEY DEPOSITS

Within the borders of South Estonia, traces of many ice-lake deposits are found. Among them different types can be distinguished: 1) proglacial or ice-dammed lake deposits, distributed on the plains; 2) ice-walled lake deposits, mostly on elevations; 3) small shallow ice-lake deposits at the bottom of bogs and contemporary lake hollows. Ice-dammed and ice-walled lake deposits mainly consist of silt, and hollow deposits — of clay (Fig. 1, Table 1). In the vertical sequence there are no regularities in the distribution of the clay fraction (Fig. 2). Ice-dammed and ice-walled lake deposits are characterized by high density, low compressibility and relatively large shearing resistance, whereas the hollow deposits are characterized by low density, high compressibility and small shearing resistance (Tabl. 2).