

УДК 624.131.1:551.4.036(282.247.32)(476)

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДОЛИНЫ РЕКИ ДНЕПР В ПРЕДЕЛАХ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Мележ Т. А.

*Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины, Гомель, Республика Беларусь
E-mail: tatyana.melezh@mail.ru*

В работе рассмотрены особенности формирования и пространственной дифференциации инженерно-геологических условий, выделены генетические типы грунтовых толщ: моренные, водно-ледниковые, аллювиальные, озерные, болотные и озерно-ледниковые. Проанализированы физико-механические свойства грунтов и дана оценка их использования как оснований инженерных сооружений. Определено, что в пределах речной долины Днепра целесообразно в качестве естественных оснований зданий и сооружений использовать суглинистые, супесчаные и песчаные отложения различного генезиса, а широко распространенные на изучаемой территории болотные отложения использовать в качестве естественных оснований крайне нежелательно.

Ключевые слова: инженерно-геологические условия, грунты, физические свойства, генетические типы отложений.

ВВЕДЕНИЕ

Днепр является крупнейшей транзитной рекой Беларуси. Территория, на которой формировалась речная долина, имеет сложное инженерно-геологическое строение. Четвертичные отложения имеют мощность от первых метров до 70–80 м и представлены различными генетическими типами средне-верхне-плейстоценового (Q_{1-3}) и голоценового возраста (Q_4). Морфология долины, ее глубина, ширина, высота коренных берегов и террас, а также строение антропогенной толщи существенно различаются на участках долины. В современном строении долины Днепра прослеживаются три уровня: пойма, первая и вторая надпойменные террасы. Наибольшая часть долины располагается в пределах области равнин и низин Предполесья, верховье (в пределах Беларуси) — область Центрально-Белорусских краевых ледниковых возвышенностей и гряд, Восточно-Белорусская подзона и низовье (в пределах Беларуси) — область Полесской низменности, подобласть Белорусского Полесья.

Формирование глубоковрезанной долины Днепра проходило в условиях развития как вертикальных, так и горизонтальных русловых деформаций, под влиянием морфогенетических (положение русла определялось геолого-геоморфологическими условиями) и гидродинамических (активным фактором изменения положения русел и их параметров являются гидравлические характеристики водного потока) факторов.

Цель исследований — изучение особенностей инженерно-геологических особенностей долины реки Днепр и определение физических свойств грунтовых толщ грунтовых как оснований инженерных сооружений.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Инженерно-геологическое строение долины реки Днепр весьма разнообразно и определяется особенностями рельефа, геологическим строением и физико-механическими свойствами пород. На основе анализа указанных факторов изучаемую территорию автор разделил на четыре крупных района (рисунок 1):

1) район развития моренных отложений — *gIIbr, gIIId, gIIIsz, gIIIIsz, g3IIIsz, gtIIIsz, gt2IIIsz, gtIIIpz*₃ (супеси, суглинки валунные, пески, песчано-гравийные и гравийно-галечные породы);

2) район развития водно-ледниковых отложений — *fgIIId, fg2IIIsz, fg3IIIsz, fg6IIIsz, kmIIIsz, fgIIIpz* (пески, песчано-гравийные породы, супеси, суглинки, глины);

3) район развития аллювиальных, озерных и болотных отложений — *fIIIpz, lfIIIpz, fIV, pIV, IV* (пески, супеси, суглинки, глины, торф, илы, сапропели, локально мергели).

4) район развития озерно-ледниковых отложений (вскрываются только в обнажениях, крайне ограниченно распространены — правобережье Днепра — г. Речица — г. Лоев — д. Бывальки) — *lgIIbr-d, lgIIInr-br* (глины, суглинки, супеси, пески, песчано-гравийные породы).

Моренные отложения в долине Днепра представлены разновозрастными комплексами — моренами березинского, днепровского, сожского и поозерского горизонтов

Березинские морены выходят на дневную поверхность в долине Днепра. Подстилаются в основном более древними образованиями антропогена (реже породами девона, мела и т. д.). Мощность составляет от 5 до 30 м. Толща березинских моренных образований неоднородна.

Часто она имеет двухчленное и трехчленное строение: состоит из слоев валунных супесей, суглинков, глин серого или бурого цвета с прослоями разнозернистых песков, тонких супесей, песчано-гравийного материала [1].

Днепровские морены распространены весьма ограниченно (островное распространение, не занимаю больших площадей) на левобережье Днепра (район Довска и Гадиловичей) и правобережье — вниз по течению от Жлобина до Лоева. Залегают на более древних образованиях антропогена. В долине Днепра выходит на дневную поверхность. Мощность изменяется от 1 до 50 м. Характеризуется пестрым составом: сложена красно-бурыми, желтовато-бурыми, буровато-серыми, иногда с зеленоватыми оттенками супесями, суглинками и глинами с прослоями гравийно-галечного материала и разнозернистых песков. [1].

Широко встречаются отторженцы дислоцированных тонких супесей, песков, глин, белого писчего мела и иных пород. Днепровская морена имеет двухслойное строение, а иногда между двумя слоями валунных отложений залегают невыдержанные по мощности (2–8 м) желтовато-серые разнозернистые пески. [1].

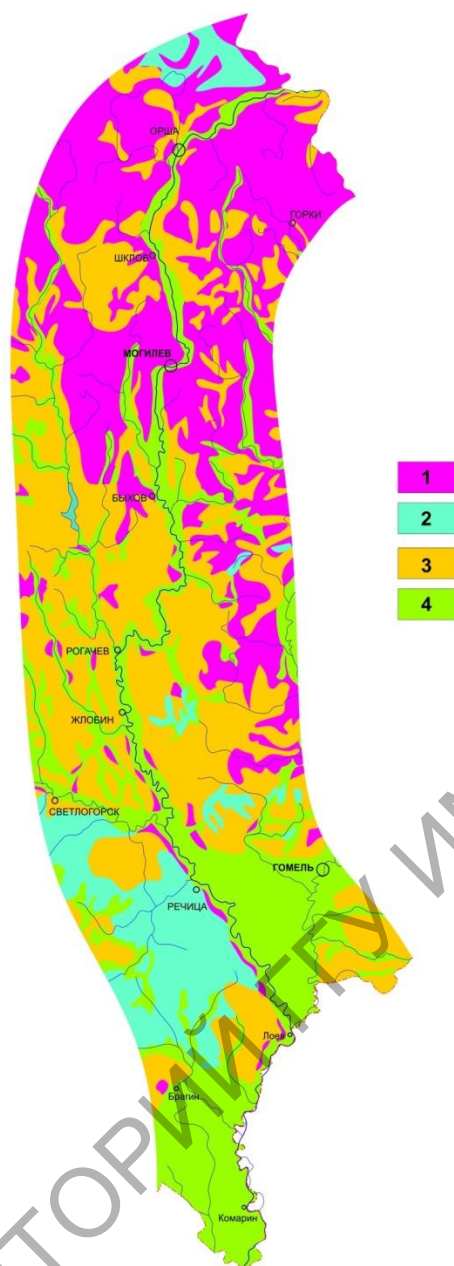


Рис. 1. Картограмма распространения генетических типов четвертичных отложений (1 — район развития моренных отложений; 2 — район развития водно-ледниковых отложений; 3 — район развития аллювиальных, озерных и болотных отложений; 4 — район развития озерно-ледниковых отложений).

Сожская морена имеет широкое распространение в верховье Днепра, от границы с РФ до южной границы распространения сожского оледенения. Литологически рассматриваемый генетический комплекс сложен бурыми, светло-бурыми, красно-бурыми моренными супесями, суглинками и глинами, переслаивающиеся с водно-ледниковыми желтовато- и буровато-серыми разнозернистыми песками, гравийно-галечным материалом, алевритами, ленточными глинами [1]. Мощность моренных образований составляет от 10 до 25 м, но может достигать 60–135 м. Сожская морена содержит большое количество отторженцев коренных и более древних антропогенных пород.

Поозерская морена имеет малое, ограниченное распространение, лишь на крайнем севере долинного комплекса (в пределах Беларуси) на левобережье. Представлена красно-бурыми валунными суглинками, супесями с линзами песков, ленточных глин, алевритов и разнозернистых песков. Залегает на сожско-поозерских, сожских, муравинских отложениях или девонских породах, перекрывается поозерскими водно-ледниковыми комплексами или современными образованиями. Мощность колеблется от в пределах 10–40 м, на отдельных грядах может достигать 70 м, в среднем составляет 10–15 м.

Гранулометрический состав морен обусловлен свойствами подстилающих пород, переносом, дроблением и гипергенным преобразованием обломочного материала в теле ледника. Механический состав морен характеризуется пестротой. Средние значения и пределы колебаний содержания главных размерных фракций выражается следующими величинами (в %): более 1 мм — 6,9 (пределы колебаний 0,0–46,9); 1,0–0,5 мм — 4,0 (0,1–18,2); 0,5–0,25 мм — 8,7 (0,4–27,7); 0,25–0,1 мм — 17,6 (0,2–49,2); 0,1–0,05 мм — 19,0 (2,9–47,2); 0,05–0,01 мм — 19,2 (5,5–56,0) и менее 0,01 мм — 24,6 (2,5–83,5) [1].

Средненные показатели физико-механических свойств грунтов ледникового генезиса (таблица 1): естественная влажность (ω) составляет 10–20%, плотность сухого грунта (ρ_d) при естественной влажности изменяется от 1,8 до 2,1 г/см³; пористость (η) — 20–31 % коэффициент пористости (e) — 0,25–0,45; степень влажности (S_r) — 0,8–1,0; карбонатность — 3%; водопроницаемость (K_{ϕ}) составляет 10^{-2} — 10^{-4} м/сут; набухаемость — до 40%; усадка — около 7%; угол внутреннего трения (φ) от 20 до 35°; удельное сцепление (C) 0,03–0,05 Па; модуль деформации (E) — 5–35 МПа [3]. Из-за неоднородности и высокого содержания пылеватых частиц моренные отложения способны быстро размокать, при промерзании склонны к пучению.

Для моренных горизонтов — днепровского, сожского (московского), поозерского (валдайского) — наиболее характерны типы разрезов из двух зон — верхней и нижней. В научной литературе нет единого мнения о происхождении поверхностных моренных горизонтов. По некоторым данным, они представляют собой абляционные разности, образованные из материала, переносившегося на поверхности ледника и отложившегося после его окончательного стаивания. По другим данным (В.Г. Лободенко), формирование верхней зоны связано главным образом с процессами гипергенеза, приведшими не столько к увеличению дисперсности грунтов, сколько к изменению их структурно-текстурных

**ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДОЛИНЫ РЕКИ
ДНЕПР В ПРЕДЕЛАХ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

особенностей и снижению структурной прочности. Так или иначе, переход от одной зоны к другой выражается уменьшением вверх по разрезу глинистости, повышением содержания песчаных прослоев и линз, уменьшением плотности и прочности морен. Наблюдается также увеличение к низу содержания карбонатов [3].

С глубиной увеличиваются естественная влажность, граница текучести, сопротивление одноосному сжатию, модуль деформации и содержание глинистых частиц. При увеличении влажности ухудшаются показатели их механических свойств. Повышение гидравлических градиентов в водовмещающих породах, представленных слоями или линзами песков в гляциальных отложениях, при условии их вскрытия котлованами или горными выработками может способствовать формированию пльвунов. Способность глинистых отложений концентрировать в себе поверхностный сток, а также их легкая размываемость приводят при расчлененном рельефе к развитию овражно-балочной сети. Эта особенность ярко проявляется в районах развития краевых ледниковых образований. В зоне распространения ледниковой формации формируются оползни.

Главными осложняющими факторами при строительстве на моренных грунтах являются неоднородность их состава, наличие переменного количества крупнообломочного материала, склонность к размоканию и пучению при промерзании и как следствие возможные деформации зданий и сооружений, построенных на этих грунтах.

Таблица 1.

Усредненные показатели основных физических свойств моренных грунтов [3]

Наименование грунтов	Естественная влажность (ω), %	Плотность		Коэффициент пористости (e), доли ед.	Степень влажности (Sr), доли ед.	Коэффициент фильтрации	Пределы пластичности		Число пластичности IP , %
		грунта (ρ), г/см ³	сухого грунта (ρ_d), г/см ³				верхний (W_L), %	нижний (W_P), %	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
днепровская морена									
Супесь	<u>10,56</u> (1150) 8,90...1 1,60	<u>2,18</u> (908) 20,70 2,25	<u>1,97</u> (470) 1,91... 2,00	<u>0,37</u> (908) 0,33... 0,44	<u>0,75</u> (804) 0,60... 0,85	0,0 8 (2)	<u>16,99</u> (1052) 18,00... 16,00	<u>12,57</u> (104) 11,00... 12,80	<u>5,48</u> (1076) 4,30...6, 00
Суглинок	<u>12,54</u> (457) 12,40... 12,90	<u>2,19</u> (457) 2,16... 2,20	<u>1,95</u> (457) 1,92... 1,96	<u>0,39</u> (457) 0,38... 0,39	<u>0,85</u> (457) 0,81... 0,88	0,0 09 (1)	<u>23,60</u> (457) 22,50... 25,50	14,8 (130)	<u>9,11</u> (457) 7,90...1 0,70
Песок пылеватый	29,7 (37)	1,91 (37)	-	0,81 (37)	-	0,5 (5)	-	-	-

Продолжение таблицы 1.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>сойжская (московская) морена</i>									
Супсь	<u>10,14</u> (943) 9,00...10 ,80	<u>2,15</u> (935) 2,08... 2,23	<u>1,95</u> (1079) 1,89... 2,00	<u>0,38</u> (958) 0,39... 0,43	<u>0,72</u> (806) 0,65... 0,87	0,03 9 (7)	<u>17,04</u> (954) 16,50...1 7,70	<u>11,16</u> (364) 10,70...4 ,70	<u>5,58</u> (1094) 4,90 ...6,5 0
Суглинок	<u>12,81</u> (215) 11,20...1 3,90	<u>2,17</u> (221) 2,09... 2,24	<u>1,93</u> (202) 1,88... 1,98	<u>0,40</u> (219) 0,36... 0,44	<u>0,84</u> (147) 0,79... 0,93	0,01 9 (3)	<u>19,24</u> (162) 18,20...2 2,20	<u>11,63</u> (75) 10,60...1 2,60	<u>8,19</u> (219) 7,10 ...9,5 0
<i>поозерская (валдайская) морена</i>									
Супсь	<u>11,08</u> (618) 10,60...1 1,50	<u>2,23</u> (615) 2,20... 2,25	<u>2,01</u> (616) 1,98... 2,03	<u>0,35</u> (614) 0,33... 0,37	<u>0,87</u> (614) 0,85... 0,90	-	<u>18,41</u> (616) 17,6...19, 4	<u>11,78</u> (211) 11,70...1 2,10	<u>6,10</u> (828) 5,40 ...6,8 0
Суглинок	<u>12,9 (70)</u> 11,10...1 4,70	<u>2,18</u> (70) 2,13... 2,23	<u>1,93</u> (70) 1,85... 2,01	<u>0,40</u> (70) 0,34... 0,45	-	-	-	<u>12,1 (70)</u> 11,50...1 2,70	<u>8,9</u> (70) 8,40 ...9,4 0
В числителе — среднее арифметическое значение, в скобках — число определений; в знаменателе — минимальное и максимальное значения показателей									

Водно-ледниковые отложения представляют собой образования талых вод ледника, прошедших через толщу льда по трещинам и двигавшимся подо льдом к его краю. На флювиогляциальные отложения приходится почти треть объема антропогенной толщи.

Флювиогляциальные отложения достаточно широко распространены в пределах изучаемой территории. Они представлены группами образований, сформировавшиеся в различных фациальных обстановках — *fgIIId*, *fg2IIIsz*, *fg3IIIsz*, *fg6IIIsz*, *kmIIIsz*, *fgIIIpz*. Это отложения флювиокамов и камовых террас, краевых гряд, долинных и покровные флювиогляциальные аккумуляции.

Водно-ледниковые образования *днепровского* возраста представлены песками, песчано-гравийным материалом, перекрывают и подстилают ледниковые образования, их мощность измеряется первыми десятками метров. Флювиогляциал *сойжского* времени литологически сложен песками, супесями и песчано-гравийным материалом и сформировался в период наступания и отступания ледника, мощность до 30–45 м, в среднем 5–15 м. Водно-ледниковые образования *поозерского* возраста представлены разнотернистыми песками, супесями, глинами и песчано-гравийным материалом, их мощность достигает 20–25 м и более, нередко выходят на дневную поверхность.

Наибольший интерес с точки зрения инженерно-геологических исследований

**ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДОЛИНЫ РЕКИ
ДНЕПР В ПРЕДЕЛАХ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

представляют зандровые отложения (отложения ледниковых потоков и занимающие обширные площади у концов бывших ледников, примыкая к конечной морене).

Основные физико-механические свойства (таблица 2): плотность флювиогляциальных песков (ρ) при естественной влажности изменяется от 1,8 до 2,1 г/см³ (реже 1,6–2,3 г/см³); коэффициент пористости (e) составляет 0,5–0,8. Естественная влажность флювиогляциальных песков (ω) изменяется от 3 до 8% в зоне аэрации и до 20–30% (в среднем 25%) в водонасыщенном состоянии. Коэффициент фильтрации (K_f) флювиогляциальных песков, как правило, несколько выше, чем у песков других генетических типов ледниковых отложений и изменяется от первых единиц до десятков метров в сутки. Флювиогляциальным песчаным отложениям свойственны сравнительно высокие углы внутреннего трения (φ) от 23 до 45° (в среднем 27–35°); коэффициент внутреннего трения (f) изменяется в пределах от 0,86 до 1,0 (в среднем 0,50–0,7). Сцепление (C) у песков измеряется преимущественно тысячными долями, но в единичных случаях достигает 0,01–0,02 МПа (в том числе за счет слабой цементации). Общий модуль деформации флювиогляциальных песков (E) составляет 30–70 МПа (в отдельных случаях достигает 100–120 МПа) [3, 4].

Литологически флювиогляциальные толщи сложены песками преимущественно плотного и среднего сложения. Водопроницаемость песков в зависимости от гранулометрического состава изменяется от первых единиц до десятков метров в сутки. Сжимаемость песков слабая, реже средняя.

Таблица 2

Усредненные показатели основных физических свойств флювиогляциальных отложений [3, 4]

Наименование грунтов	Естественная влажность (ω), %	Плотность			Коэффициент пористости (e), доли ед.	Коэффициент фильтрации (K_f), м/сут.	Нижний предел пластичности (W_p), %	Число пластичности (I_p), %
		грунта (ρ), г/см ³	сухого грунта (ρ_d), г/см ³	частиц грунта (ρ_s), г/см ³				
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Флювиогляциальные отложения времени отступления поозерского (валдайского) ледника								
Песок мелкий	<u>6,78</u> (34)*	<u>1,71</u> (34)	<u>1,62</u> (34)		<u>0,66</u> (34)			
	3,5...15,9	1,70...1,75	1,61...1,64	-	0,65...0,70	-	-	-
Песок пылеватый	<u>12,37</u> (58)	<u>1,75</u> (58)	<u>1,56</u> (58)		<u>0,70</u> (58)			
	114...17,0	1,75...1,76	1,53...1,57	-	0,69...0,72	-	-	-

Продолжение таблицы 2.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Флювиогляциальные отложения времени отступления сожского (московского) ледника								
Песок гравелистый	4,4 (9)	1,76 (39)	1,68 (39)	-	0,58 (39)	-	-	-
Песок крупный	<u>4,10</u> (187) 3,9...7, 2	<u>1,73</u> 187 1,72...1 ,82	<u>1,65</u> (190) 1,65... 1,70	-	<u>0,60</u> (190) 0,56...0, 60	12,1 (3)	-	-
Песок средней крупности	<u>4,23</u> (957) 3,90... 5,90	<u>1,71</u> (957) 1,69...1 ,81	<u>1,64</u> (944) 1,62... 1,69	-	<u>0,62</u> (946) 0,57...0, 64	7,17 (6)	-	-
Песок мелкий	<u>5,10</u> (601) 4,6...6, 5	<u>1,69</u> (602) 1,64...1 ,81	<u>1,60</u> (620) 1,56... 1,69	-	<u>0,65</u> (619) 0,57...0, 70	6,13 (4)	-	-
Песок пылеватый	<u>8,06</u> (97) 6,3...1 1,1	<u>1,76</u> (97) 1,65...1 ,90	<u>1,61</u> (117) 1,55... 1,75	-	<u>0,65</u> (117) 0,51...0, 71	2,16 (18)	-	-
Флювиогляциальные отложения времени отступления днепровского ледника								
Песок средней крупности	<u>5,33</u> (55) 4,9...1 1,2	<u>1,75</u> (55) 1,71...1 ,93	<u>1,65</u> (55) 1,62... 1,79	2,64 (2)	<u>0,61</u> (55) 0,48...0, 64	14,5 (2)	-	-
Песок мелкий	<u>4,94</u> (134) 4,5...6 ,9	<u>1,76</u> (136) 1,66...1 ,88	<u>1,68</u> (137) 1,57... 1,77	-	<u>0,58</u> (137) 0,50...0, 69	2,41 (15)	-	-
Песок пылеватый	<u>10,02</u> (109) 6,5... 16,6	<u>1,82</u> (111) 1,69... 1,95	<u>1,70</u> (110) 1,58... 1,81	2,65 (2)	<u>0,56</u> (110) 0,44... 0,68	0,86 (25)	-	-
Супесь	16,3 (2)	-	-	-	-	0,07 (1)	14,0 (2)	4,0 (2)
Суглинок	18,9 (2)	2,06 (2)	1,68 (2)	2,64 (2)	-	0,049 (1)	13,0 (2)	14,5 (2)
Глина	-	-	-	-	-	-	18,5 (2)	20,0 (2)

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДОЛИНЫ РЕКИ
ДНЕПР В ПРЕДЕЛАХ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Продолжение таблицы 2.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Флювиогляциальные отложения времени отступления березинского (окского) ледника								
Песок средней крупности	-	-	-	-	-	5,3 (2)	-	-
Песок мелкий	6,3 (3)	1,77 (3)	-	2,65 (6)	0,59 (4)	7,8 (6)	-	-
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Песок пылеватый	10,7 (6)	1,93 (3)	-	2,65 (6)	0,54 (6)	3,2 (52)	-	-
Супесь	15,9 (2)	-	-	-	-	0,09 (8)	13,2 (4)	4,8 (4)
Суглинок	17,0 (2)	-	-	-	-	0,03 (5)	14,0 (3)	10,9 (3)
* В числителе — среднее арифметическое значение, в скобках — число определений; в знаменателе — минимальное и максимальное значения показателей								

По данным штамповых испытаний, модуль общей деформации песков колеблется от 25–40 МПа (среднеплотные пески) до 40–80 МПа (для плотных песков), для рыхлых песков модуль деформации составляет не более 20 МПа.

В целом, по своим свойствам грунты флювиогляциального генезиса, главным образом, пески, близки к пескам других генетических типов, отличаясь от них несколько большей плотностью.

Суглинки и супеси, встречающиеся в толще песков в виде отдельных прослоев и линз, отличаются непостоянством своего состава и свойств. Модули деформации (E) у них обычно много ниже, чем у песков, и изменяются в широких пределах: от 7 до 33 МПа (в среднем 12–18 МПа) у супесей, от 6 до 16 МПа (обычно 8–12 МПа) у суглинков.

В целом, по своим свойствам грунты флювиогляциального генезиса, главным образом, пески, близки к пескам других генетических типов, отличаясь от них несколько большей плотностью.

Флювиогляциальные пески обладают вполне удовлетворительными инженерно-геологическими свойствами и могут служить надежным основанием для различных инженерных сооружений.

Аллювиальные отложения представляют собой результат переработки озерно-ледниковых, флювиогляциальных и моренных образований. Плейстоценовые оледенения оказали существенное влияние на фациальную структуру и вещественный состав аллювия. Образования аллювиального генезиса прослеживаются на Днепре до города Жлобина главным образом по правобережью полосой шириною 0,5–10 км, а ниже — заметно шире (например, до 20–35 км в междуречье Днепра и Сожа) [3].

Верхнепоозерские аллювиальные отложения слагают I и II надпойменные террасы и характеризуются достаточно выдержанным распространением. Русловой аллювий надпойменных террас представлен преимущественно мелко- и среднезернистыми, реже разномзернистыми и крупнозернистыми песками, с линзами песчано-гравийного материала. В основании разреза залегает базальный горизонт небольшой мощности, представленный разномзернистыми, главным образом крупнозернистыми песками с гравием и галькой [5].

Голоценовый аллювий в сравнении с аллювием ледниковых эпох отличается более четкой фациальной и механической дифференциацией осадков. В этом комплексе выделяют три главнейших фациальных типа осадков: русловой; прирусловой; пойменный и старичный аллювий. Русловые образования построены мелко- и разномзернистыми песками, местами появляются песчано-гравийно-галечные прослои и слагают фундамент поймы, образуя ее нижний горизонт. Пойменные фации аллювия сложены иловатыми гумусированными песками, супесями, суглинками. Старичные отложения сходны по составу и строению с озерно-болотными, но отличаются наличием песчаных и супесчаных прослоев. Мощность аллювия достигает 15–18 м [1]. В основании разреза обычно залегают осадки ранней озерной стадии — оглеенные суглинки, они перекрываются осадками зрелой озерной стадии и представлены чередованием тонких слоев иловатого суглинка или глины, супесями и глинистого мелко-, тонкозернистого песка.

В строении аллювиальных толщ принимают участие также отложения вторичных водоемов и болот. Литологически представлены иловатыми суглинками, глинами, реже супесями. В верхней части разреза обычно развиты болотные отложения — слаборазложившийся торф с прослоями терригенного материала [5].

Гранулометрический состав грунтов аллювиальных фаций (таблица 3): частицы псефитовой размерности в большинстве случаев приходятся доли процента; крупнопесчаная фракция чаще составляет 1–15%; содержание зерен 0,5–0,25 мм (обычно около 8–25%); фракция 0,25–0,1 мм почти повсеместно преобладает, на нее приходится 40–70%, иногда больше; фракция 0,1–0,05 мм — 5–25%, частиц размерностью менее 0,05 мм — 1–15% [3].

Основные показатели физико-механических свойств грунтов аллювиального генезиса (таблица 4): естественная влажность (ω) — 2,8–9,0 %; плотность грунта (ρ) составляет 1,71–1,84 г/см³; коэффициент пористости (e) — 0,59–0,61; степень влажности (Sr) порядка 0,8–1,0; карбонатность — 3%; водопроницаемость ($K\phi$) — 10–2–10–4 м/сут (очень низкая); набухаемость до 40 %; усадка около 7%; угол внутреннего трения (φ) — 30–31°; удельное сцепление (C) — 0,01–0,04 МПа; модуль деформации (E) — 19–25 МПа [3].

Глинистые отложения пойменных и старичных фаций часто опесчаненные, слабоуплотненные, водонасыщенные, имеют пластичную или скрытотекучую консистенцию, довольно пористые. Прочностные показатели: сцепление — $0,15 \times 10^5$ Па у супесей и $0,28 \times 10^5$ Па у суглинков, угол внутреннего трения (φ) — 22 и 23° соответственно. По деформационным показателям аллювиальные глинистые грунты относятся к среднесжимаемым — модуль деформации (E) — 5–20 Мпа [5].

Старичные глинистые грунты обладают наихудшими инженерно-

**ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДОЛИНЫ РЕКИ
ДНЕПР В ПРЕДЕЛАХ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

геологическими характеристиками: они находятся в мягкопластичном состоянии; среди голоценовых старичных глинистых образований широко распространены грунты текучей и скрытотекучей консистенции. Эти грунты имеют высокую сжимаемость, низкие показатели сопротивления сдвигу и часто обладают тиксотропными свойствами, что не позволяет использовать их в качестве основания для тяжелых и сложных инженерных сооружений [4]. Глинистые грунты пойменной фации аллювия обладают более благоприятными инженерно-геологическими характеристиками. Для них характерны повышенные показатели механических свойств [4], что позволяет их использовать как основания под инженерные сооружения.

Особенностью отложений пойм является изменчивость состава слагающих их образований, что создает определенные трудности их освоения. Однако они могут быть использованы как основания под инженерные сооружения, но только при условии проведения соответствующих инженерно-геологических мероприятий.

Таблица 3.

Гранулометрический состав аллювиальных песчаных грунтов.

Название грунта по СТБ 943-2007	Содержание фракций, %									
	более 10 мм	10-4 мм	4-2 мм	2-1 мм	1-0,5 мм	0,5-0,25 мм	0,25-0,1 мм	0,1-0,05 мм	0,05-0,01 мм	менее 0,01 мм
Вторая надпойменная терраса Днепра										
Пески мелкие	—	—	—	—	—	$\frac{5-37}{23}$	$\frac{27-71}{59}$	$\frac{3-17}{10}$	—	—
Пески пылеватые					$\frac{0-4}{1}$	$\frac{3-23}{11}$	$\frac{24-64}{47}$	$\frac{2-46}{23}$	$\frac{3-42}{12}$	$\frac{1-12}{5}$
Первая надпойменная терраса										
Пески разномерные	0-9	$\frac{0-11}{11}$	$\frac{2-31}{31}$	$\frac{3-45}{45}$	$\frac{8-80}{80}$	$\frac{52-96}{96}$	$\frac{77-99}{99}$	0,8		
Пески среднезернистые	—	—	$\frac{0-4}{1}$	$\frac{0-10}{3}$	$\frac{1-38}{13}$	$\frac{30-77}{45}$	$\frac{3-48}{31}$	$\frac{0-8}{3}$		
Пески мелкие	—	—	—	—	—	$\frac{3-53}{24}$	$\frac{32-86}{60}$	$\frac{0-20}{8}$	$\frac{0-8}{2}$	$\frac{0-6}{2}$

Таблица 4.

Основные показатели аллювиальных песчаных грунтов [4]

Наименование грунтов	Возраст	Естественная влажность, %	Плотность, г/см ³		Пористость, %	Коэффициент пористости, доли ед.	Полная влагоемкость, %	Максимальная молекулярная влагоемкость, %	Водоудача, %
			влажного грунта	скелета грунта					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Песок пылеватый	aQ ₄	$\frac{4-18,5}{10,5}$	$\frac{1,63-2,16}{1,85}$	$\frac{1,54-1,84}{1,68}$	$\frac{30,3-40,8}{37}$	$\frac{0,43-0,68}{0,58}$	$\frac{16,5-26}{21,5}$	$\frac{1,8-5,1}{3,0}$	$\frac{13,5-22}{17}$
	aQ _{3pz3}	$\frac{2,5-19,5}{11}$	$\frac{1,54-2,10}{1,88}$	$\frac{1,37-1,84}{1,69}$	$\frac{30,6-48,3}{37}$	$\frac{0,43-0,93}{0,56}$	$\frac{17-27}{21}$	$\frac{1,7-12}{4,8}$	$\frac{6,5-23}{16,5}$
	aQ _{3pz} 2-3	$\frac{2,5-15}{8,5}$	$\frac{1,66-2,09}{1,87}$	$\frac{1,62-1,87}{1,74}$	$\frac{29,2-38,9}{35}$	$\frac{0,41-0,63}{0,54}$	$\frac{15,5-24}{20,5}$	$\frac{1,8-9,7}{4,0}$	$\frac{11-21}{16}$
Песок мелкий	aQ ₄	$\frac{2,5-35}{12}$	$\frac{1,54-2,04}{1,8}$	$\frac{1,5-1,79}{1,65}$	$\frac{33-43}{38}$	$\frac{0,48-0,76}{0,61}$	$\frac{18-33}{23}$	$\frac{1,3-4,5}{2,4}$	$\frac{15-29}{20,5}$
	aQ _{3pz3}	$\frac{2-33}{7,5}$	$\frac{1,54-2,07}{1,76}$	$\frac{1,42-1,85}{1,68}$	$\frac{30,4-46}{36,5}$	$\frac{0,43-0,85}{0,57}$	$\frac{16-32}{22}$	$\frac{1,2-12}{2,8}$	$\frac{4,5-28}{18,5}$
	aQ _{3pz} 2-3	$\frac{1,5-14}{4,5}$	$\frac{1,6-2,06}{1,76}$	$\frac{1,58-1,81}{1,68}$	$\frac{31,4-39,9}{36,4}$	$\frac{0,45-0,66}{0,57}$	$\frac{15,5-25,5}{22}$	$\frac{0,9-1,9}{1,5}$	$\frac{16-22}{20}$
В числителе — минимальные и максимальные значения, в знаменателе - среднее									

Озерные отложения. Важное место в осадконакоплении принадлежит озерам. В озерах накапливаются минеральные, органо-минеральные и органические осадки. Они представлены разнозернистыми песками (преимущественно мелко-тонкозернистыми), нередко карбонатными, заиленными, а также супесями, глинами, илами и сапропелями. Средняя мощность толщи озерных аккумуляций может варьировать от 3 до 7 м, максимальная достигает 20–25 м и более.

Формирование геологических опасностей может быть связано с различным физическим состоянием пород по плотности, пористости, влажности и консистенции; анизотропией свойств, обусловленной слоистостью. Глинистые разности часто обогащены органикой и другими примесями.

Болотные отложения на изучаемой территории сложены, главным образом, с верховыми и переходными торфяники. Мощность торфяных залежей невыдержана и может изменяться от нескольких десятков сантиметров до нескольких метров. На моренных равнинах болотные отложения, как правило, отличаются меньшей мощностью и мозаичностью распространения. Самые мощные толщи болотных образований приурочены к заполненным осадками озерным котловинам [Галкин].

Со строительной точки зрения болотные отложения относятся к группе грунтов особого состояния и свойств, которые лишь ограниченно могут использоваться в качестве естественных оснований зданий и сооружений из-за низкой прочности и высокой сжимаемости. При этом, как правило, приходится производить полную или частичную выторфовку с заменой торфа грунтами, обладающими удовлетворительными строительными свойствами, либо создавать отгрузку торфомассива с помощью отсыпки грунта на торф, для уплотнения последнего.

ВЫВОДЫ

Изучив физико-механические свойства грунтов можно сказать следующее: главными осложняющими факторами при строительстве на моренных грунтах являются неоднородность их состава, наличие переменного количества крупнообломочного материала, склонность к размоканию и пучению при промерзании и как следствие возможные деформации зданий и сооружений, построенных на этих грунтах.

Флювиогляциальные пески обладают вполне удовлетворительными инженерно-геологическими свойствами и могут служить надежным основанием для различных инженерных сооружений.

Старичные глинистые грунты обладают наихудшими инженерно-геологическими характеристиками: они находятся в мягкопластичном состоянии; среди голоценовых старичных глинистых образований широко распространены грунты текучей и скрытотекучей консистенции. Эти грунты имеют высокую сжимаемость, низкие показатели сопротивления сдвигу и часто обладают тиксотропными свойствами, что не позволяет использовать их в качестве основания для тяжелых и сложных инженерных сооружений. Глинистые грунты пойменной фации аллювия обладают более благоприятными инженерно-геологическими характеристиками. Для них характерны повышенные показатели механических свойств, что позволяет их использовать как основания под инженерные сооружения.

Особенностью отложений пойм является изменчивость состава слагающих их образований, что создает определенные трудности их освоения. Однако они могут быть использованы как основания под инженерные сооружения, но только при условии проведения соответствующих инженерно-геологических мероприятий.

В качестве естественных оснований зданий и сооружений целесообразно использовать суглинистые, супесчаные и песчаные грунты различного генезиса, а также ленточные глины озерно-ледникового генезиса. Довольно широко распространены на изучаемой территории болотные отложения, но их использование в качестве естественных оснований крайне ограничено.

Список литературы

1. Матвеев А. В. Ледниковая формация антропогена Беларуси. Мн.: Наука и техника, 1976. 160 с.
2. Матвеев А. В. История формирования рельефа Белоруссии. Мн.: Наука и техника, 1990. 144 с.
3. Трацевская Е. Ю. Региональная инженерная геология Беларуси: тексты лекций по спецкурсу для студентов специальности I-51 01 01 «Геология и разведка месторождений полезных ископаемых» специализации I-51 01 01 03 «Инженерная геология и гидрогеология». Гомель: ГГУ имени Ф. Скорины, 2008. 143 с.
4. Галкин А. Н. Инженерная геология Беларуси: монография: в 3 ч. Витебск: ВГУ им. П. М. Машерова, 2016. Ч. 1: Грунты Беларуси / под науч. ред. В. А. Королева, 2016. 367 с.
5. Галкин А. Н. Инженерная геология Беларуси. Витебск: УО ВГУ им. П.М. Машерова, 2006 208 с.

**ENGINEERING-GEOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE DNEPR VALLEY
WITHIN THE REPUBLIC OF BELARUS**

Melezh T. A.

Francisk Skorina Gomel State University, Gomel, Belarus

E-mail: tatyana.melezh@mail.ru

The Dnieper is the largest transit river in Belarus. The territory where the river valley was formed has a complex engineering and geological structure. Quaternary sediments have a thickness from the first meters to 70–80 m and are represented by various genetic types of middle-upper pleistocene (Q₁₋₃) and Holocene age (Q₄). The morphology of the valley, its depth, width, height of the indigenous banks and terraces, as well as the structure of the anthropogenic thickness differ significantly in the valley sections. The formation of the Dnieper valley took place in the context of development of both vertical and horizontal channel deformations under the influence of morphogenetic (the position of the riverbed was determined by geological and geomorphological conditions) and hydrodynamic (active factor in changing the position of channels and their parameters are hydraulic characteristics of the water flow) factors. The engineering and geological structure of the Dnieper river valley is very diverse and is determined by the features of the terrain, the geological structure and physical and mechanical properties of rocks. Based on the analysis of these factors the author divided the territory under study into four large districts: 1) the area of development of morainic deposits—gIIbr, gIIId, gIIIsz, gIIIsz, g₃IIIsz, gt₁IIIsz, gt₂IIIsz, gt₁IIIp₃ (sandy loam, loam boulder, sand, sand-gravel and gravel-pebble rocks); 2) area of development of water-glacial deposits — fgIIId, fg₂IIIsz, fg₃IIIsz, fg₆IIIsz, kmIIIsz, fgIIIpz (Sands, sand and gravel rocks, sandy loams, loams, clays); 3) the area of development of alluvial, lake and marsh deposits—fIIIpz, lfIIIpz, fIV, plIV, IIV (Sands, sandy loams, loams, clays, peat, silts, sapropels, locally marls). 4) the area of development of lake-glacial deposits (only revealed in outcrops, extremely limited distribution — the right Bank of the Dnieper-Rechitsa — Loev — d. Byvalki) — lgIIbr-d, lgIIInr-br (clays, loams, sandy loams, Sands, sand and gravel rocks). The paper analyzes the physical and mechanical properties of soils and assesses their use as the basis of engineering structures. It is determined that within the river valley of the Dnieper it is advisable to use loam, sandy loam and sand deposits of various Genesis as natural bases of buildings and structures, and it is highly undesirable to use marsh deposits widespread in the studied territory as natural bases.

References

1. Matveev A. V. Lednikovay formaciy antropogena Belarusi (Glacial formation of anthropogene of Belarus). Minsk: Nauka i tehnika (Publ), 1976, 160 p. (in Russian).
2. Matveev A. V. Istorija formirovaniya rel'efa Belarusi (History of the relief of Belarus). Minsk: Nauka i tehnika (Publ), 1990, 144 p. (in Russian).
3. Tracevskay E. U. Regionalnaya inzhenernaya geologiya Belarusi (Regional engineering Geology of Belarus). Gomel: Francisk Skorina Gomel State University (Publ), 2008, 143 p. (in Russian).
4. Galkin A. N. Inzhenernaya geologiya Belarusi: monografiya (Engineering Geology of Belarus). Vitebsk: UO «VGU im. P.M. Macherova» (Publ), 2016, 367 p. (in Russian).
5. Galkin A. N. 2006 Inzhenernaya geologiya Belarusi (Engineering Geology of Belarus). Vitebsk: UO «VGU im. P.M. Macherova» (Publ), 2006, 208 p. (in Russian).

Поступила в редакцию 05.06.2020 г.