

УДК 55; 624.131

**Т.И. Аверкина<sup>1</sup>**

## ПЕСЧАНЫЕ ГРУНТЫ ДОЧЕТВЕРТИЧНЫХ КОНТИНЕНТАЛЬНЫХ ФОРМАЦИЙ НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ

*ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»,  
119991, Москва, ГСП-1, Ленинские Горы, 1**Lomonosov Moscow State University, 119991, Moscow, GSP-1, Leninskiye Gory, 1*

Охарактеризованы инженерно-геологические особенности песков, входящих в состав дочетвертичных континентальных терригенных формаций (красноцветных и сероцветных, угленосных и лигнитоносных, молассовых и молассовых угленосных), распространенных на территории России. Приведены результаты изучения состава, строения, состояния и свойств этих грунтов в пределах различных регионов России.

**Ключевые слова:** пески дочетвертичные, формации терригенные, грунты, состав, строение, свойства, Россия.

The engineering-geological features of the sands included in the pre-Quaternary continental terrigenous formations (red and gray-colored, coal-bearing and lignite-bearing, molasses and molasses coal-bearing), which are widespread in Russia, are characterized. The results of studying the composition, structure, condition and properties of these soils within the various regions of Russia are presented.

**Key words:** pre-Quaternary sands, terrigenous formations, soils, composition, structure, properties, Russia.

**Введение.** На территории России песчаные отложения дочетвертичного возраста обычно перекрыты чехлом новейших отложений и непосредственно на поверхность не выходят, но, несмотря на это, попадают в основания наземных сооружений или служат средой размещения подземных объектов, поэтому их изучение с инженерно-геологических позиций как грунтов, — актуальная научно-практическая задача.

Рассмотрены песчаные грунты, входящие в состав дочетвертичных континентальных осадочных терригенных формаций. В пределах России в сферу интересов инженерной геологии попадают следующие виды таких формаций: 1) терригенные красноцветные, 2) терригенные сероцветные, 3) терригенные угленосные, 4) терригенные лигнитоносные, 5) молассовые, 6) молассовые угленосные [Аверкина, 2018].

**Песчаные грунты терригенных красноцветных формаций.** Терригенные красноцветные формации, содержащие пески, широко распространены на Восточно-Европейской платформе, где представлены двумя разновозрастными толщами — средне-позднедевонской и позднепермской.

**Красноцветная формация  $D_{2-3}$**  развита на северо-западе платформы в пределах Главного девонского поля. Она залегает непосредственно под четвертичными отложениями на глубине от нескольких метров до 200 м, имеет мощность от 30–40 до 240–600 м и тянется широкой полосой, параллельной западному борту Московской синеклизы. Толща сложена песками, песчаниками,

алевролитами, пестрыми глинами и мергелями. Пески преобладают в нижней половине формации, представлены мелко- и среднезернистыми, реже крупнозернистыми разностями и имеют плотное сложение. Содержание кварца изменяется в них от 70 до 98%, полевых шпатов — до 19%. В химическом составе абсолютно преобладает  $\text{SiO}_2$ , на долю  $\text{F}_2\text{O}_3$  приходится от 0,06 до 1,2% [Цехомский, Карстенс, 1982].

Породы этой формации залегают в основаниях Нижне-Свирской и Верхне-Свирской ГЭС и других сооружений. В районе Верхне-Свирского гидроузла, построенного в верхнем течении р. Свирь, вскрыты верхнедевонские пестроцветные отложения мощностью 200–250 м. Они состоят из нерегулярно переслаивающихся глин, песков и песчаников с толщиной слоев от нескольких миллиметров до 1 м и более. В основании бетонной плотины в верхних 7 м 55% приходится на глины, 45% — на пески. В основании здания ГЭС их соотношение другое: 70% составляют глины, 30% — пески. Песчаные грунты глинистые, слюдистые, плотные, иногда сцементированные до состояния слабых песчаников. В гранулометрическом составе преобладают частицы размером 0,05–0,10 мм, на глинистую фракцию местами приходится до 10%. Естественная влажность песков изменяется от 13–15 до 19–21% (среднее значение 17%), плотность скелета характеризуется средним значением 1,82 г/см<sup>3</sup>, угол внутреннего трения — 30° [Астрова, Каган, 1964].

<sup>1</sup> Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, геологический факультет, кафедра инженерной и экологической геологии, доцент, канд. геол.-минер. н.; e-mail: averkina@geol.msu.ru

В основании сооружений Нижне-Свирского гидроузла, возведенного на р. Свирь в 81 км от устья, те же тонкозернистые пески характеризуются плотностью 1,97–2,43 г/см<sup>3</sup> и плотностью твердых частиц 2,62–2,74 г/см<sup>3</sup>. Сдвиговые испытания грунтов при нагрузке 0,5 МПа показали следующие результаты: у песков, сцементированных при влажности 12–16%, угол внутреннего трения ( $\varphi$ ) изменяется от 27 до 33°, а у песков рыхлых при влажности более 16%  $\varphi=12\div19^\circ$  [Карпышев, 1974].

Ареал распространения *красноцветной формации татарского отдела пермской системы* — Волго-Уральская антеклиз и восточный борт Московской синеклизы (по старой стратиграфической шкале эти отложения относились к татарскому ярусу верхней перми). Иногда в ее состав включают нижнетриасовые отложения. Формация обычно залегает под маломощным покровом четвертичных осадков, а местами выходит непосредственно на дневную поверхность. Состав толщи довольно пестрый, преобладают глины, алевролиты, песчаники и пески. Отмечены горизонты палеопочв [Муравьев и др., 2016]. Пески, в том числе битумсодержащие, встречаются и в более ранних отделах пермской системы, при этом часть из них — продукт эоловой переработки прибрежно-морских отложений [Хасанов и др., 2017; Муллакаев, Хасанов, 2019].

В борту Московской синеклизы отложения плохо сортированные, от тонкозернистых глинистых до крупнозернистых, преобладают мелкозернистые слюдистые разности. Толща в целом характеризуется большой изменчивостью по площади и разрезу: с запада на восток по мере приближения к Уралу (области сноса) укрупняется гранулометрический состав отложений, уменьшается их карбонатность и увеличивается мощность от 100 до 400 м. Пески полимиктовые, в химическом составе от 71,08 до 97,50% приходится на SiO<sub>2</sub>, 1,60–3,50% на Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и 0,10–0,37% на F<sub>2</sub>O<sub>3</sub> [Цехомский, Карстенс, 1982].

Пески не преобладают в этой формации. Их изучение в районе г. Нижнекамск показало, что они залегают на глубине от 20 до 28 м в виде прослоев мощностью от 0,5 до 3,0 м в глинистой толще и представлены преимущественно пылеватыми разностями. В табл. 1 приведены средние значения показателей их свойств [Воробьев, Шлыкова, 2010].

В Центральном Поволжье пески рассматриваемой формации изучали в связи со строительством Чебоксарской и Горьковской (Нижегородской) ГЭС. В основаниях этих гидроузлов под четвертичными отложениями залегает пестроцветная толща мощностью 120–150 м, которая делится на три свиты — сарминскую, уржумскую и сарбайскую. Породы залегают горизонтально или с небольшим уклоном (1–3°) и обнажены на склонах долин и в оврагах правого берега Волги.

В районе Чебоксарской ГЭС пески встречаются в разрезе в виде линз и прослоев. Они представлены пылеватыми разностями, глинистыми, слабосцементированными. По результатам изучения свойств песков для 35 образцов получены значения средних и расчетных показателей, которые отражены в табл. 1. Кроме того, были определены углы откоса песков в сухом состоянии и под водой, равные 43 и 26° соответственно. По данным откачек значения коэффициента фильтрации песков и алевролитов изменяются от 0,03 до 3,6 м/сут. [Ларионов и др., 1986].

В основаниях Горьковской (Нижегородской) ГЭС верхнетатарские пески развиты более широко, на их долю приходится до 50% разреза сарминской свиты. По составу они в основном полевошпатово-кварцевые с примесью слюды и карбонатов, на 75–80% состоят из частиц размером 0,10–0,25 мм, окрашены в бурый, реже в зеленовато-серый цвет. В качестве расчетных показателей физических свойств песков изыскатели рекомендовали значения, приведенные в табл. 1. Грунты характеризуются невысокой водопроница-

Таблица 1

Свойства песков татарского яруса (отдела) Центрального Поволжья, по [Пестовский, Зенкова, 1962; Ларионов и др., 1986; Воробьев, Шлыкова, 2010]

Показатели свойств	Район Чебоксарской ГЭС		Район Горьковской ГЭС	Район г. Нижнекамск
	среднее значение	расчетные показатели	расчетные показатели	среднее значение
Влажность	0,19	0,20		0,22
Плотность грунта, г/см <sup>3</sup>	2,08	2,05	1,65	1,94
Плотность сухого грунта, г/см <sup>3</sup>	1,75	1,71		1,59
Плотность частиц, г/см <sup>3</sup>	2,72	2,72	2,68	2,66
Степень влажности	0,94			0,88
Коэффициент пористости	0,55		0,59	
Угол внутреннего трения, град.	33*	17*		33
Сцепление, МПа	0,035*	0*		0,006
Модуль деформации, МПа		22,5		13,2

\* Определены методом ускоренного (быстрого) сдвига под водой.

емостью — коэффициент фильтрации составляют около 2,5 м/сут. [Пестовский, Зенков, 1962].

**Песчаные грунты терригенных сероцветных формаций.** На юге платформы в пределах Ергинской возвышенности выделяется молодая **плиоценовая** терригенная сероцветная формация мощностью до 60–80 м. Она сложена песками с небольшими глинистыми прослоями в кровле и слоями песчаников в подошве. Накопление этих отложений связывают с деятельностью водных потоков, стекавших на юго-восток с центральных районов Русской плиты [Инженерная..., 1978]. Пески светлые, косослоистые, преимущественно мелкозернистые. В минеральном составе преобладает кварц (93,0–98,5%), от 0,8 до 6,0% приходится на полевые шпаты и до 3,0% — на глауконит [Цехомский, Карстенс, 1982]. В тяжелой фракции обнаружены дистен, биотит, циркон, турмалин, ставролит, хлорит [Свиточ, Макшаев, 2015]. В зоне аэрации пески имеют естественную влажность от 1 до 20%, плотность 1,49 г/см<sup>3</sup>, в рыхлом сложении — 1,35 г/см<sup>3</sup>, в плотном — 1,67 г/см<sup>3</sup>. Для среднезернистых разностей эти показатели равны 1,62, 1,25 и 1,65 г/см<sup>3</sup> соответственно. Угол естественного откоса в сухом состоянии изменяется от 29 до 35° (среднее значение 31°), под водой снижается до 27°. Коэффициент фильтрации составляет 12–38 м/сут. [Инженерная..., 1978].

В платформенных регионах Западной и Восточной Сибири, а также на Дальнем Востоке получила распространение **терригенная каолиновая формация**. На древней Сибирской платформе она имеет **позднемеловой возраст**, широко развита в центральной части Вилюйской синеклизы и в Ленском прогибе, но залегает глубоко — в низовьях Алдана перекрыта почти километровой толщей новейших отложений. Мощность формации изменяется в широких пределах — от 160 м на Верхне-Вилюйском поднятии до 1000 м и более в самой погруженной части впадины. До глубины 500–600 м породы находятся в основном в мерзлом состоянии.

В устье р. Вилюй по материалам Ленгидропроекта выделяются многолетнемерзлые и талые пески мелкозернистые, реже пылеватые, неоднородные (коэффициент неоднородности равен 5), действующий диаметр ( $d_{10}$ ) 0,045 мм. Естественная влажность талых песков варьирует в пределах 12–26% (среднее значение 20% по 13 определениям), полная влагоемкость составляет 22%. Плотность талых песков изменяется от 2,20 до 2,15 г/см<sup>3</sup> (среднее значение 2,06 г/см<sup>3</sup> по 6 определениям), плотность частиц — 2,65–2,66 г/см<sup>3</sup>, коэффициент пористости — варьирует от 0,540 до 0,592. Установлено увеличение плотности и понижение пористости грунтов вниз по разрезу, а также в направлении от платформы к Верхоянскому орогену. Рассчитанный по гранулометрическому составу коэффициент фильтрации песков составляет ~1,5 м/сут. [Инженерная..., 1977].

В пределах Нижне-Алданской впадины развита **неогеновая терригенная сероцветная формация**, также сложенная аллювиальными и озерно-аллювиальными песчано-глинистыми отложениями мощностью от 45 до 800 м (максимальная в центре впадины), которые находятся в основном в многолетнемерзлом состоянии. Изучение 100-метровой части разреза этой формации в районе Якутска показало следующие результаты. Толща представлена переслаиванием мелкозернистых песков и супесей, реже встречаются суглинки. Криотекстура песков массивная, влажность по 36 определениям изменяется от 15,9 до 22% (среднее значение 19%), плотность мерзлого грунта 1,97–2,1 г/см<sup>3</sup> (среднее 2,0 г/см<sup>3</sup>), плотность скелета 1,64–1,85 г/см<sup>3</sup> (среднее 1,65 г/см<sup>3</sup>), коэффициент пористости 0,45–0,83 (среднее 0,60). Объемная теплоемкость песков имеет среднее значение 2,09 кДж/м<sup>3</sup> · град. Коэффициент теплопроводности  $5,8 \cdot 10^{-3}$  Вт/м · град., коэффициент температуропроводности 1,66 м<sup>2</sup>/с [Инженерная..., 1977].

Терригенная каолиновая формация Западной Сибири датируется как **позднемеловая–раннеолигоценовая**. Она протягивается широкой полосой на восточной и юго-восточной перифериях плиты, где залегает под четвертичными отложениями и имеет мощность до 150 м и более. Пески в составе формации преобладают и имеют полевошпатово-кварцевый состав, а за счет белого глинистого заполнителя преимущественно каолинового состава выглядят светло-серыми и белесыми.

На юго-восточной окраине Западно-Сибирской плиты, в долинах рек Чулым, Б. Улуй и Кас, в составе этих песков преобладают две фракции: 0,1–0,25 (13–46%) и 0,25–0,5 мм (30–77%). Содержание глинистых частиц (<0,001 мм) составляет 1–3%, а суммарное содержание пылеватых частиц — 9–15%. Иногда количество глинистой фракции возрастает до 7–14%, и грунты в этом случае классифицируются уже как супеси. Присутствие каолинита обуславливает пониженную плотность грунтов (табл. 2). Несмотря на глини-

Таблица 2

Свойства песков каолиновой формации,  
по [Инженерная геология СССР. Т. 2, 4, 1976, 1977]

Показатели свойств	Юго-восточная окраина Западно- Сибирской плиты	Зяя-Буреин- ская плита
Влажность, %	14–37	8–15
Плотность грунта, г/см <sup>3</sup>		1,93–2,08
Плотность сухого грунта, г/см <sup>3</sup>	1,47–1,53	1,71–1,79
Плотность частиц, г/см <sup>3</sup>	2,62–2,63	
Пористость, %	42–44	23–25
Угол внутреннего трения, град.	24–27	40
Сцепление, МПа	0,01–0,02	
Модуль деформации, МПа		40

стость, они имеют слабую водопрочность (время размокания образцов от нескольких секунд до 9 мин.). При давлении от 0,2 до 0,3 МПа коэффициент сжимаемости каолинизированных песков составляет  $a=0,13 \pm 0,015 \text{ МПа}^{-1}$  (т.е. они относятся к грунтам от повышенносжимаемых до слабосжимаемых) [Инженерная..., 1976].

На Дальнем Востоке в пределах Зей-Буреинской платформы значительное площадное развитие получила **терригенная каолиновая формация**, объединяющая отложения **олигоцена** и **миоцена** мощностью от 50 до 200 м. Они представлены песками светлыми, в верхней части белыми каолинизированными, с включениями гравия и гальки, прослоями и линзами глин и лигнитов, с базальным галечниковым горизонтом. В некоторых районах разрез формации делится на нижнюю глинистую толщу с пластами углей и верхнюю песчаную. Пески полевошпатово-кварцевые, иногда кварцево-полевошпатовые. В низах толщи они гравийные, крупные и средней крупности, с галькой и мелкими линзами галечников (руслонная фация); в кровле — мелкие глинистые с косой или горизонтально-волнистой слоистостью (пойменная фация). Песчаные и гравийные зерна плохо окатаны. В целом преобладают пески средней крупности с включениями гравия и гальки. Средний гранулометрический состав (300 определений) оценивается следующими значениями: содержание фракции  $>5 \text{ мм}$  составляет 2%;  $5-2,5 \text{ мм}$  — 5%;  $2,5-1 \text{ мм}$  — 12%;  $1-0,5 \text{ мм}$  — 21%;  $0,5-0,25 \text{ мм}$  — 25%;  $0,25-0,1 \text{ мм}$  — 18%;  $0,1-0,01 \text{ мм}$  — 7%;  $<0,01 \text{ мм}$  — 10%. Частицы размером  $<0,01 \text{ мм}$  имеют преимущественно каолинит-гидрослюдистый состав, их содержание изменяется по разрезу от долей процента до 20–25% и более; чем крупнее пески, тем меньше в них каолинита. В мелких песках его количество может достигать до 35%, в песках средней крупности — до 20–25%, в гравелистых — до 10–12%, но чаще 3–5% [Инженерная..., 1977].

Рассмотренная олигоцен-миоценовая толща местами подстилается угленосной формацией верхнего мела-палеогена, которая тоже включает пески, но преобладают в ней глинистые отложения. Иногда обе формации объединяют в одну верхнемеловую-миоценовую угленосную.

**Песчаные грунты терригенных угленосных формаций.** Терригенные угленосные формации, включающие пески, встречаются в пределах древних и молодых платформ, а также во впадинах горно-складчатых сооружений.

Самая древняя **терригенная угленосная формация визейского яруса нижнего карбона** залегает близко к поверхности в западном и юго-западном бортах Московской синеклизы Восточно-Европейской платформы. Отложения формации распространены от Белого моря до верховьев Дона почти сплошной полосой шириной от 5 км на севере до 130 км на юге. В бортах синеклизы она

вскрыта непосредственно под четвертичным покровом, к центру впадины ее кровля погружается на глубину несколько сотен метров, а мощность увеличивается до 130 м. К отложениям визейского яруса приурочены месторождения Подмосковского и Тихвинского угольных бассейнов.

В рамках формации чередуются песчаники, алевролиты, пески, глины и прослои бурого угля. На долю песков приходится около 30% разреза. По составу они кварцевые, содержание  $\text{SiO}_2$  изменяется в них от 92,9 до 99,6%,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  — от 1,6 до 3,5%,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  — от 0,1 до 0,37% [Сехомский, Карстенс, 1982]. Преобладают тонко- и мелкозернистые, часто глинистые разности. Последние могут проявлять пльвинные свойства. У песков, содержащих до 8–13% глинистых частиц монтмориллонитового состава, способность к образованию пльвунов наиболее значительная. Для таких грунтов характерны очень высокая пористость (55–74%) и очень низкие значения коэффициента фильтрации — до 0,003 м/сут. У более чистых песков, не обладающих пльвинными свойствами, водопроницаемость на несколько порядков больше, хотя все равно невысокая — от 1 до 2 м/сут. [Инженерная..., 1978].

На востоке древней Сибирской платформы в пределах Вилуйской синеклизы и Предверхоанского прогиба выделяется более мощная и молодая **терригенная угленосная формация поздней юры-раннего мела**. Глубина ее залегания изменяется от 3–100 м на западном склоне синеклизы до 500–1000 м в центральной части, а мощность варьирует от 200 до 5200 м (в прогибе). С рассматриваемыми отложениями связаны месторождения Ленского угольного бассейна. Формация представлена чередующимися песками, песчаниками, алевролитами с прослоями конгломератов, гравелистов, аргиллитов, глин и углей. До глубины 400–600 м отложения находятся в многолетнемерзлом состоянии, и в инженерно-геологическом отношении они практически не изучены.

На севере Восточной Сибири, в Енисей-Хатангском прогибе под четвертичными отложениями залегает **нижнемеловая терригенная угленосная формация**, которая объединяет пески, песчаники, алевролиты, глины, аргиллиты, конгломераты с прослоями и линзами углей, общая мощность до нескольких километров. В бассейне р. Хатанга она местами выходит на поверхность, а в центре прогиба погружается на глубину до 250 м. Инженерно-геологические особенности формации не изучены, можно лишь отметить, что ее верхние 50–60 м находятся в многолетнемерзлом состоянии [Инженерная..., 1990].

В центральной и южной частях Западно-Сибирской платформы под покровом новейших отложений выделяется молодая **терригенная лигнитоносная формация олигоценного** возраста. Ее мощность изменяется от 20 до 300 м и увеличивается от периферии к центру плиты. В этом

же направлении повышается глубина залегания формации: на юго-западе она вскрыта в долинах даже небольших рек, а в центре — только во врезках Оби. Толща представлена песками, супесями, суглинками и глинами с прослоями и линзами лигнитов и бурых углей. Аллювиальные пески (атлымская свита) более крупные, преимущественно кварцевые и полевошпатово-кварцевые. Озерные и озерно-аллювиальные пески (туртасская, журавская, нижнезнаменская свиты) более тонкие, глауконит-кварцевые, иногда ленточно-слоистые.

В юго-западной части плиты (Зауральская область) пески преобладают в этой формации. До 98,5% их химического состава приходится на кремнезем. В минеральном составе до 97% составляет кварц, на севере области отмечено существенное содержание полевых шпатов (30–40%), в незначительном количестве присутствуют слюда и темноцветные минералы. Химический состав песков на Тумашевском месторождении характеризуется следующими показателями: содержание  $\text{SiO}_2$  в среднем составляет 95,5%,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  — от 1,0 до 3,0%,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  — до 2,0% [Цехомский, Карстенс, 1982].

Пески мелкие и пылеватые, реже средней крупности, с довольно частыми гравийно-галечниковыми прослоями. В мелких, хорошо отсортированных песках преобладают частицы размером 0,25–0,1 мм (70–90%), в пылеватых — частицы размером 0,25–0,05 мм (75–96%). В естественном залегании они обычно имеют среднюю плотность сложения (1,39–1,57 г/см<sup>3</sup>), высокую пористость (42–55%), высокую влажность (до 40–50%) и характеризуются довольно слабой водопроницаемостью — коэффициент фильтрации изменяется от десятых долей до 4,0–4,5 м/сут. [Инженерная..., 1976].

На противоположной, юго-восточной, части плиты (Южная Обь-Енисейская область) у песков рассматриваемой формации диапазон изменения гранулометрического состава более широкий — от пылеватых до крупных, но чаще встречаются мелкие разности. В их составе, как и в предыдущем случае, преобладают частицы размером 0,25–0,1 мм, но их содержание меньше (47–87%). На дренированных участках (в обнажениях) пески классифицируются как маловлажные и влажные, а в скважинах, как правило, вскрываются в водонасыщенном состоянии. Определение гранулометрического состава этих песков на Тазовском п-ове и в Надым-Пуровском междуречье показало, что в этих районах развиты пески пылеватые и мелкие, реже средней крупности.

Инженерно-геологические особенности песков лигнитоносной формации были также изучены на территории западной части Белогорского материка (Обско-Казымская область), где в середине XX в. предполагалось строительство Кондинских гидротехнических сооружений для переброски стока сибирских рек на юг. На правом берегу Оби выше

Ханты-Мансийска от пос. Горный до пос. Бол. Атым лигнитоносная формация, представленная переслаиванием песчано-глинистых отложений, выходит на поверхность. Пески кварцевые, однородные, на минералы тяжелой фракции приходится 1–7%. Преимущественное развитие получили мелкие разности, реже встречаются пески средней крупности и пылеватые. В мелких преобладают частицы размером 0,25–0,1 мм (92%), в песках средней крупности 60% составляют частицы диаметром 0,5–0,25 мм. В природных условиях пески имеют влажность 20–25% и степень влажности 0,8–1,0. Плотность в рыхлом сложении изменяется от 1,27 до 1,54 г/см<sup>3</sup> (у песков средней крупности среднее значение 1,50 г/см<sup>3</sup>, у мелких 1,42 г/см<sup>3</sup> и у пылеватых 1,33 г/см<sup>3</sup>), в плотном сложении эти показатели возрастают на 0,2–0,3 г/см<sup>3</sup>. Пористость песков в рассматриваемой области ниже, чем в Зауральской, а углы откоса выше (табл. 3.). При определении коэффициента фильтрации песков в рыхлом и плотном сложении в первом случае получены значения 5–14 м/сут., во втором — 1–9 м/сут. [Инженерная..., 1976].

Таблица 3

Свойства песков терригенной лигнитоносной формации олигоценового возраста, по [Инженерная геология СССР, Т. 2, 1976]

Показатели свойств	Зауральская область	Южная Обь-Енисейская область	Обско-Казымская область
Плотность скелета, г/см <sup>3</sup>	1,20–1,40	1,46–1,64	
Плотность частиц, г/см <sup>3</sup>	2,63–2,67	2,58–2,67	2,64–2,66
Пористость при рыхлом сложении, %	48–58		42–50
Пористость при плотном сложении, %	37–48		30–40
Угол естественного откоса в сухом состоянии, град.	22–45		33–35
Угол естественного откоса под водой, град.	20–39		30–32

**Песчаные грунты молассовых формаций.** Среди этого типа отложений довольно широко распространены угленосные разности. Пески встречаются в составе сравнительно молодых мезозойских или кайнозойских моласс. В первых они чаще всего залегают лишь в виде прослоев среди более литифицированных и сцементированных обломочных пород, в кайнозойских молассовых формациях песчаная составляющая более значительна. Пески в молассах описаны в Предверхоанском прогибе и прилегающей Вилуйской синеклизе, а также во впадинах Алтае-Саянского, Забайкальского и Дальневосточных орогенов.

В Предверхоанском прогибе и Вилуйской синеклизе *молассовидная формация нижней и средней юры* образовалась в условиях неустойчивого режима (континентального, морского и прибреж-

но-морского). В прогибе ее мощность доходит до 500 м, возрастной диапазон более широкий, но пески развиты очень ограниченно. Породы залегают моноклинально, с постепенным увеличением угла наклона к осевой части прогиба от нескольких десятков минут до  $3^\circ$ , и осложнены многочисленными брахиантиклиналями, структурными носами и флексурными перегибами. В синеклизе толща характеризуется более спокойным залеганием пластов. В бортах она вскрыта под кайнозойскими отложениями, в восточном направлении погружается под мезозойские отложения, в этом же направлении ее мощность увеличивается от 100 до 900 м.

Формация объединяет ритмично чередующиеся пески, песчаники, алевролиты, глины и аргиллиты, а также конгломераты и галечники в нижней части и незначительные прослои карбонатных пород. На водоразделах до глубины 500–600 м отложения находятся в многолетнемерзлом состоянии. Пески, на долю которых приходится существенная часть разреза в пределах синеклизы, разнозернистые, имеют полевошпатово-кварцевый состав и содержат многочисленные лимонит-песчаниковые и марказитовые стяжения. Плотность частиц в среднем составляет  $2,67 \text{ г/см}^3$ , плотность в естественном залегании —  $1,4\text{--}1,8 \text{ г/см}^3$ , пористость — 40–44%. Естественная влажность изменяется в широких пределах — от 6 до 34%, полная влагоемкость — от 10 до 38%. При заложении глубоких выемок рекомендуемый угол откоса — не круче  $35\text{--}38^\circ$  (при отсутствии водоносного горизонта) [Инженерная..., 1977].

В Алтае-Саянском орогене мезозойские пески встречаются в Назаровской и Кузнецкой впадинах в рамках **меловой молассовой формации**, представленной песчаниками, алевролитами, аргиллитами, песками и глинами. Ее мощность в центрах впадин может доходить до 600–800 м. Пески озерные и аллювиальные, иногда косослоистые, со стяжениями известковистых песчаников. Толща подстилается угленосными юрскими отложениями, с которыми связаны месторождения Кузбасса и КАТЭКа, и входит в состав вскрышных пород при открытой разработке угля. Нижняя и средняя части формации сложены тонко переслаивающимися красноцветными и пестроцветными аргиллитами и алевролитами с маломощными прослоями песков и слабосцементированных песчаников, с единичными прослоями известняков общей мощностью 150–160 м. Верхняя часть толщи мощностью 50–60 м представлена плотными песками и слабосцементированными песчаниками с линзами карбонатных песчаников и прослоями красноцветных аргиллитоподобных глин. Среди песчаников и плотных песков преобладают мелко- и среднезернистые кварцевые и полевошпатово-кварцевые разности с горизонтальной, реже с косой слоистостью. Пески, несмотря на плотное сложение,

характеризуются слабой водопрочностью (образцы размокают за 2–5 мин.) и на береговых склонах густо изрезаны узкими V-образными промоинами глубиной 5–10 м [Инженерная..., 1977].

В Убсунурской, Чуйской и Курайской впадинах описана более молодая **палеоген-неогеновая моласса** (иногда выделяемая как терригенная красноцветная формация), сложенная суглинками, глинами, песками и галечниками. Отложения залегают практически горизонтально и характеризуются отчетливо выраженной слоистостью. Мощность формации предположительно достигает 800 м [Инженерная геология СССР. Алтае-Саянский ..., 1990].

Пески в составе моласс встречаются и описаны в некоторых впадинах Прибайкалья и Забайкалья. В межгорных депрессиях Шилкинско-Аргунского среднегорья (Торейской, Ононской, Борзинской, Шилкинской и др.) под четвертичными отложениями вскрыта **неогеновая молассовая формация**, представляющая собой сложный комплекс континентальных образований (элювиальных, делювиально-пролювиальных, аллювиальных и озерных) мощностью до 100 м и более. Грунты находятся в талом и многолетнемерзлом состоянии. В толще преобладают пески, кварцевые и полевошпатово-кварцевые, нередко каолинизированные, которые по простирацию часто замещаются глинами. В прибортовых частях впадин залегают галечники. Гранулометрический состав песков изменяется в широких пределах — от гравелистых до мелкозернистых, при этом наибольшим распространением пользуются крупнозернистые, гравелистые, плохо отсортированные разности. Талые пески, по данным Читареологии, характеризуются следующими показателями свойств: плотность твердых частиц  $2,59\text{--}2,72 \text{ г/см}^3$  (среднее медианное значение по 80 определениям  $2,65 \text{ г/см}^3$ ), плотность в естественном залегании  $1,48\text{--}1,94 \text{ г/см}^3$  (среднее по 32 определениям  $1,76 \text{ г/см}^3$ ), пористость 26,5–43,5% (среднее по 32 определениям 35%), коэффициент пористости 0,35–0,81 (среднее по 15 определениям 0,62). Естественная влажность изменяется от 3 до 19,5% (среднее по 93 определениям — 10,5%), степень водонасыщения — 0,23–0,73 (среднее по 6 определениям — 0,55). Угол внутреннего трения песков составляет  $30\text{--}42^\circ$  (среднее значение  $35^\circ$ ), коэффициент фильтрации 0,3–26,3 м/сут. (среднее значение 3,3 м/сут.) [Инженерная..., 1977].

В Верхне-Зейской впадине Забайкалья терригенная молассовая формация датируется более широким возрастным диапазоном — **от позднего мела до палеогена**. Она имеет мощность 200–250 м, с резким угловым несогласием перекрывает более древние породы, а в юго-западной части депрессии выходит на поверхность. Породы залегают моноклинально, с небольшим ( $6\text{--}8^\circ$ ) наклоном пластов на север, северо-запад и северо-восток. Формация представлена глинами с редкими включениями

гравия и гальки, с прослоями песков и лигнитов в верхней части разреза. В основании залегает слой базального серого песка с включениями гальки мощностью до 15 м. Вблизи зон молодых разломов отмечено резкое уплотнение пород. Пески кварцевые и полевошпатово-кварцевые, от гравелистых до мелких. Преобладают пески средней крупности и мелкие каолинизированные глинистые. В верхней части разреза в них особенно много включений гальки. Галька гранитов, гнейсов, роговиков и зерна полевого шпата сильно разрушены [Инженерная..., 1977].

На Сахалине, в центральной полосе между Восточно-Сахалинскими и Западно-Сахалинскими горами, под четвертичными отложениями залегает **неогеновая моласса** очень большой мощности (1000–4500 м), которая накапливалась в основном в морских условиях и лишь верхняя ее часть — в континентальных. Пески, интересующие нас прежде всего, развиты именно в верхней части формации, а прослой глиин, алевролитов, песчаников, галечников и гравелитов имеют здесь подчиненное значение. Пески полимиктовые, горизонтально- и косослоистые. На западе Северо-Сахалинского прогиба преобладают крупнозернистые и гравелистые разности, на востоке — тонко- и мелкозернистые, нередко глинистые. При изысканиях под трассу дороги Охта–Катангли были получены следующие характеристики тонкозернистых песков. По данным гранулометрического анализа (72 определения) содержание фракций распределилось следующим образом (%): 10–2,5 мм — 2; 2,5–1 мм — 3; 1–0,5 мм — 15; 0,5–0,25 мм — 20; 0,25–0,1 мм — 30; 0,1–0,01 мм — 23; 0,01–0,005 мм — 0; 0,005–0,001 мм — 7. Плотность твердых частиц составляет 2,58–2,70 г/см<sup>3</sup>, плотность грунта 1,22–1,40 г/см<sup>3</sup>, плотность скелета грунта 1,74 г/см<sup>3</sup>, пористость 16–37%, естественная влажность 7–20%. Угол естественного откоса в сухом состоянии 35°, под водой — 24° (10 определений). Глинистые и пылеватые пески проявляют плавунные свойства [Инженерная..., 1977].

Среди моласс, как уже отмечено, встречаются угленосные разности. На юго-восточном побережье оз. Байкал описана молодая **неогеновая молассовая угленосная формация**, которая вскрыта под маломощным (2–4 м) чехлом четвертичных отложений, залегает моноклинально (угол падения 5–20° в сторону озера) и имеет мощность от нескольких десятков метров до 1200 м. Толща сложена переслаивающимися песками, песчаниками, алевролитами, глинами, углями с редкими прослоями гравелитов и мергелей. Мощность песчаных слоев от 0,2 до 5 м, местами достигает до 15 м. Пески кварцевые и полевошпатово-кварцевые, с примесью слюды (до 2,5%), иногда слабосцементированы глинисто-железистым материалом. Преобладают мелкозернистые разности. Плотность твердых частиц 2,65–2,77 г/см<sup>3</sup>, плот-

ность в естественном залегании 1,68–1,90 г/см<sup>3</sup>, пористость 38–40%. Коэффициент фильтрации мелкозернистых песков 1–3, среднезернистых — 17–50, крупнозернистых — 90–160 м/сут. [Инженерная..., 1977].

На Дальнем Востоке пески **палеоген-миоценовой молассовой угленосной** формации изучали в пределах Средне-Амурской впадины, в бортах которой толща обнажается и имеет мощность 10–50 м, а к центру впадины увеличивается до 1000 м (по геофизическим данным). Большую часть разреза составляют глинисто-алевролитовые фации озерно-болотного генезиса с многочисленными прослоями углей и лигнитов, переслаивающихся с песками русловой и пойменной фаций. В низах толщи выделяются песчаники с частыми прослоями конгломератов, гравелитов и туффитов. На окраинах впадины доминируют грубообломочные песчано-галечниковые и щебнистые отложения.

Пески полевошпатово-кварцевые, преимущественно гравелистые (гравия 30–40%), сильно-глинистые. По результатам 5 определений содержание фракции (%) размером <0,005 мм составляет 10–20; фракции 0,005–0,001 мм — 1–4; фракции <0,001 мм — 3–19. Гравий обычно крупный (%): фракция 10–5 мм составляет 44–55; фракция 5–2 мм — 11–17; 2–0,5 мм — 13–23; фракция 0,5–0,1 мм — 13–24%; <0,1 мм — 5 [Инженерная..., 1977].

Близкая по составу толща описана в Прихантэйской впадине, но там она имеет более молодой возраст (**поздний эоцен–миоцен**) и содержит значительно меньше углей, из-за чего обычно не относится к категории угленосных. В ее состав входят туфогенные песчаники, алевролиты и аргиллиты с прослоями туфов, глиин, лигнитов и бурых углей. Пески (озерно-аллювиального генезиса) встречаются в нижних 30–40 м разреза наряду с конгломератами, галечниками и песчаниками. Мощность формации изменяется от 50 до 1000 м.

**Заключение.** Дочетвертичные пески континентального происхождения на территории России встречаются в составе терригенных красноцветных и сероцветных, угленосных и лигнитоносных, молассовых и молассовых угленосных формаций. Мощность песчаных пачек составляет от нескольких метров до нескольких сотен метров. В минеральном составе песков преобладает кварц, меньше представлены полевые шпаты, иногда присутствует каолинит, содержание которого, как правило, уменьшается вниз по разрезу.

Наиболее распространены пылеватые и мелкозернистые гранулометрические разности, более грубые встречаются редко, в отличие от четвертичных песчаных грунтов. Пылеватые и глинистые пески могут проявлять плавунные свойства.

Дочетвертичные пески обычно имеют более плотное сложение, чем их вышележащие молодые аналоги, и более высокие показатели деформа-

ционных и прочностных свойств. В Западной и Восточной Сибири часть дочетвертичных песков находится в многолетнемерзлом состоянии.

**Финансирование.** Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных

исследований (проект № 17-05-00944а) в рамках программы НИР «Исследование многообразия инженерно-геологических условий территории России», запланированных в МГУ имени М.В. Ломоносова на 2016–2022 гг.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

*Аверкина Т.И.* Пространственное распределение песков разного возраста и генезиса на территории России // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология. 2018. № 5. С. 84–91.

*Астратова Н.П., Каган А.А.* Верхне-Свирская плотина на р. Свири // Геология и плотины. Т. IV. М.; Л.: Энергия, 1964. С. 81–90.

*Воробьев Е.А., Шлыкова Т.М.* Инженерно-геологическое изучение верхнепермских грунтов в районе г. Нижнекамска // Инженерная геология. 2010. № 2. С. 56–61.

Инженерная геология СССР. Т. 1. Русская платформа. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1978. 528 с.

Инженерная геология СССР. Т. 2. Западная Сибирь. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1976. 495 с.

Инженерная геология СССР. Т. 3. Восточная Сибирь. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1977. 660 с.

Инженерная геология СССР. Т. 4. Дальний Восток. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1977. 502 с.

Инженерная геология СССР. Алтае-Саянский и Забайкальский регионы. М.: Недра, 1990. 375 с.

*Карпышев Е.С.* Нижнесвирская плотина на р. Свири // Геология и плотины. Т. 7. М.: Энергия, 1974. С. 6–12.

*Ларионов А.Д., Егоров С.П., Ларионова Н.П.* Чебоксарская плотина на р. Волге // Геология и плотины. Т. 10. М.: Энергоатомиздат, 1986. С. 78–104.

*Муллагаев А.И., Хасанов Р.Р.* Признаки эолового влияния на формирование прибрежно-морских песчаных отложений в пермское время (Татарстан, Россия) // Уч. зап. Каз. ун-та. Сер. естест. науки. 2019. Т. 161, кн. 1. С. 128–140.

*Муравьев Ф.А., Арефьев М.П., Силантьев В.В.* и др. Палеогеографические условия накопления красноцветных алевропелитов средней–верхней перми на территории Казанского Поволжья // Уч. зап. Каз. ун-та. Сер. естест. науки. 2016. Т. 158, кн. 4. С. 548–568.

*Пестовский К.Н., Зенков М.В.* Горьковская плотина на р. Волге // Геология и плотины. Т. 2. М.; Л.: Госэнергоиздат, 1962. С. 68–89.

*Свиточ А.А., Макшаев Р.Р.* Шоколадные глины Северного Прикаспия // Природа. 2015. № 5. С. 58–60.

*Хасанов Р.Р., Муллагаев А.И., Дусманов Е.Н.* Состав песчаников в продуктивных горизонтах пермских битумных залежей Татарстана // Уч. зап. Каз. ун-та. Сер. естест. науки. 2017. Т. 159, кн. 1. С. 164–173.

*Цехомский А.М., Карстенс Д.И.* Кварцевые пески, песчаники и кварциты СССР. Л.: Недра, 1982. 158 с.

Поступила в редакцию 14.01.2020

Поступила с доработки 30.06.2020

Принята к публикации 30.06.2020