

ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ, ГЕНЕЗИС И ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПЕСЧАНЫХ ПОРОД АСТРАХАНСКОГО ПРИКАСПИЯ

Ушивцева Любовь Франковна, кандидат геолого-минералогических наук, доцент, Астраханский государственный университет, 414000, Российская Федерация, г. Астрахань, пл. Шаумяна, 1, e-mail: ushivceval@mail.ru

Соловьева Алевтина Васильевна, старший преподаватель, Астраханский государственный университет, 414000, Российская Федерация, г. Астрахань, пл. Шаумяна, 1, e-mail: sav49@inbox.ru

Четвертичные отложения слагают обширные пространства Прикаспийской низменности, являясь покровным этажом. Данные отложения служат основанием фундаментов при строительстве зданий и сооружений инфраструктуры. Они представлены в составе нижнего, среднего, верхнего плейстоцена и голоцена. Разрез сложен разнообразными генетическими типами пород, среди которых наибольшим распространением пользуются морские, аллювиальные и эоловые отложения, выполняющие долины рек Волги, Ахтубы и их притоков и обширные пространства. На литологический состав и свойства песков значительное влияние оказал ряд факторов: климат, эпохи оледенения, трансгрессии и регрессии Каспийского моря, наличие мощной толщи солей, проявившийся соляной тектогенез, длившийся на протяжении всего четвертичного периода, неотектонические движения в неоген-плейстоценовое время и др. Все указанные факторы влияли не только на процесс седиментации, создавая локальные фациальные условия, но и изменяли характер залегания сформировавшихся стратиграфических комплексов, способствовали их разрушению, воздыманию или погружению, что отразилось на свойствах пород. В литологическом отношении отложения четвертичного возраста представлены преимущественно глинистыми и песчаными породами различного генезиса. В настоящей статье рассмотрены характеристики песчаных пород. Песчаные породы в пределах Астраханского региона представлены отложениями нескольких генетических типов: морскими, эоловыми, аллювиальными песками, которые характеризуются сходным минералогическим составом и высокой степенью сортированности. Наибольшим распространением пользуются морские отложения, слагающие обширные пространства Прикаспийской низменности, а также аллювиальные отложения, выполняющие долины рек Волги, Ахтубы и их притоков. На водоразделах и их склонах выделены покровные аллювиальные и делювиальные отложения.

Ключевые слова: песчаные породы, голоцен, плейстоцен, гранулометрический состав, эоловые отложения, аллювий, делювий, соляной тектогенез

GEOLOGICAL CHARACTERISTICS, GENESIS AND GRANULOMETRIC COMPOSITION OF SANDY ROCKS OF THE ASTRAKHAN CASPIAN REGION

Ushivtseva Lyubov F., C.Sc. in Geology and Mineralogy, Associate Professor, Astrakhan State University, 1 Shaumyan sq., Astrakhan, 414000, Russian Federation, e-mail: ushivceval@mail.ru

Soloveva Alevtina V., Senior Lecturer, Astrakhan State University, 1 Shaumyan sq., Astrakhan, 414000, Russian Federation, e-mail: sav49@inbox.ru

Quaternary deposits compose extensive spaces of Caspian Depression, being the integumentary floor; form the basis of the bases at construction of buildings and constructions of infrastructure. They are presented as a part of the lower, average, top pleistocene and the Holocene. The section is put by various genetic types of soil among which the sea, alluvial and aeolian deposits which are carrying out valleys of the Volga Rivers, Akhtuba and their inflows and extensive spaces use the greatest distribution. A number of factors had a significant impact on the lithological composition and properties of Sands: the climate, eras of freezing, transgression and regression of the Caspian Sea, existence of powerful thickness of salts shown the salt tectogenesis lasting throughout all Quaternary Period, the neotectonic movements in the Neogene-pleystotsenovoye time. All specified factors influenced not only sedimentation process, creating local facial conditions, but also changed character of bedding of the complexes which are built up the stratigraficheskikh, promoted their destruction, uplift or immersion that has affected deformation and strength effect on the properties of the rock. In lithological terms Quaternary deposits are represented mainly by clay and sand rocks of different Genesis. In the present article are considered characteristics of the sandy rocks. The sandy rocks within the Astrakhan region are presented by deposits of several genetic types: sea, aeolian, alluvial sands which are characterized by similar mineralogical structure and high degree of a sortirovannost. The sea deposits composing extensive spaces of Caspian Depression and also the alluvial deposits which are carrying out valleys of the Volga Rivers, Akhtuba and their inflows use the greatest distribution. On watersheds and their slopes integumentary alluvial and diluvial deposits are allocated.

Keywords: sandy soil, Holocene, pleistocene, deformation module, angle of friction, resistance to a cone, particle size distribution, aeolian deposits, allyuvy, slide-rocks, salt tectogenesis

Территория астраханского Прикаспия, в особенности северная часть, подвергалась интенсивному воздействию солянокупольного тектогенеза на протяжении всего четвертичного периода. Неотектонические процессы не только повлияли на ход седиментации, создавая определенные местные фациальные условия, но и впоследствии изменили характер залегания уже сформировавшихся стратиграфических комплексов, способствуя их полному или частичному разрушению в гипергенной зоне. О тектонических движениях свидетельствуют многочисленные плоскости скольжения в глинах, включения обломков древних пород в четвертичных отложениях и крутые углы их залегания, особенно вблизи разрывных тектонических нарушений [3, 5]. Особенности гранулометрического состава и физических свойств грунтов астраханского Прикаспия несут отчетливые черты специфических условий осадконакопления.

Наибольший интерес представляют отложения четвертичных и плиоценовых комплексов, глинистые и песчаные морские, аллювиальные, эоловые отложения, составляющие покровный чехол Прикаспия и играющие большую роль в практической деятельности человека.

В современном структурном плане эти комплексы на локальных участках проявлений солянокупольных движений оказались или приподнятыми к дневной поверхности или, наоборот, погруженными в глубокие депрессии.

Четвертичные отложения характеризуемой территории представлены в составе нижнего, среднего, верхнего плейстоцена и голоцена. Разрез сложен разнообразными генетическими типами песков, среди которых наибольшим распространением пользуются морские, слагающие обширные пространства Прикаспийской низменности, а также аллювиальные пески, вы-

полняющие долины рек Волги, Ахтубы и их притоков. На водоразделах и их склонах выделены покровные образования, которые по геолого-геоморфологическим признакам расчленены на аллювиальные и делювиальные отложения [1, 5]. Последние слагают бугры Бэра.

Песчаные породы в пределах Астраханского региона представлены отложениями нескольких генетических типов: морскими, эоловыми, аллювиальными песками, которые характеризуются сходным минералогическим составом. В минералогическом составе песчаных пород содержания отдельных минералов составляют 70–80 % кварца, 10–18 % полевых шпатов; 46–34 % эпидот-цоизита, 6–12 % граната, 5–13 % роговой обманки, 3–8 % циркона (Кленова и др., 1962).

Нижний плейстоцен представлен континентальными и морскими образованиями тюркянского и бакинского, средний плейстоцен-хазарским, верхний плейстоцен-хвалынским горизонтами (рис. 1). Тюркянский же горизонт – чередованием ритмов, состоящих из песчаной и алевитисто-глинистой пачек, последовательно сменяющих друг друга [синяков].

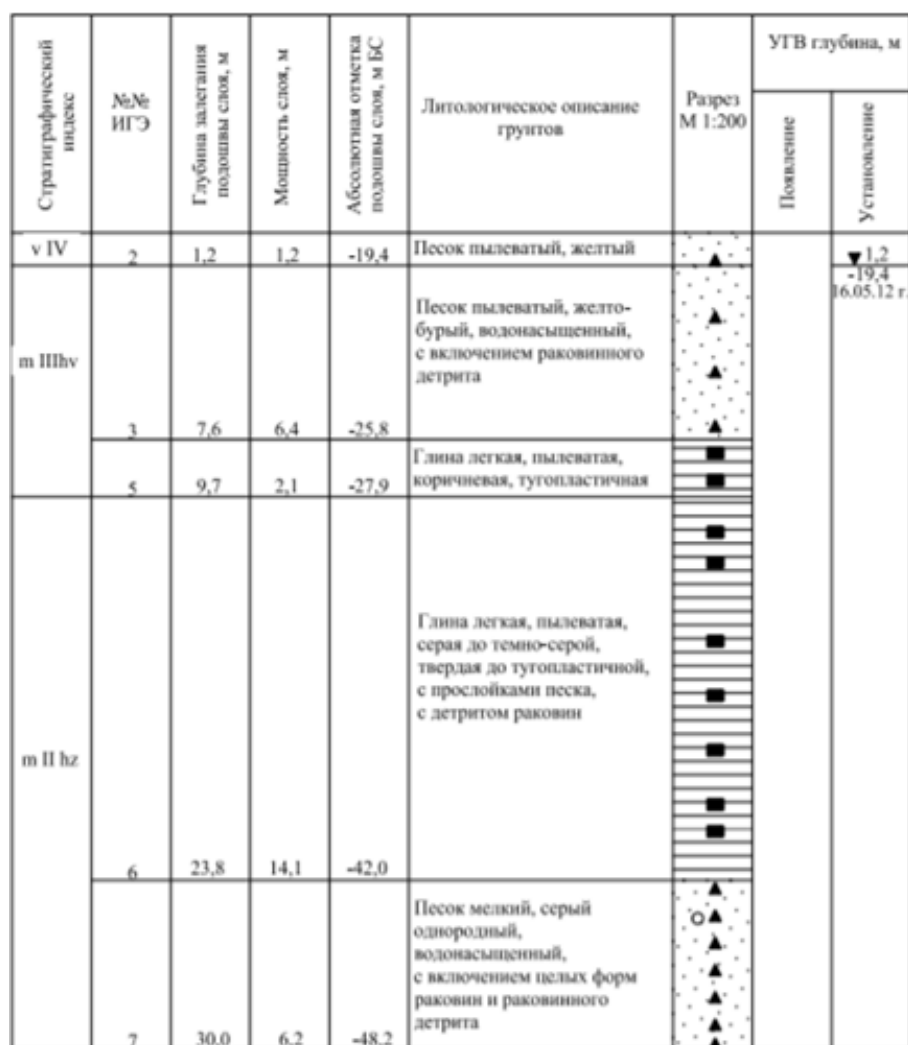


Рис. 1. Литолого-стратиграфический разрез

Бакинские отложения морского и континентального генезиса представлены преимущественно глинами с линзами и прослоями кварцевых тонко- и среднезернистых песков.

Средний и верхний плейстоцен в составе хвалынского и хазарского горизонтов слагают песчано-глинистые образования морского и континентального генезиса (аллювиальные, озерные и озерно-болотные фации). Пески этих горизонтов кварцевые, среднезернистые, слоистые за счет включения тонких прослоек глин. К хвалыно-хазарским песчаным отложениям приурочен водоносный комплекс, в котором выделены грунтовые воды хвалынского и подземные воды хазарского напорного водоносного горизонтов. Подстилающими породами комплекса являются водоупорные бакинские глины, имеющие региональное распространение.

Отложения хвалынского возраста входят в сферу инженерной деятельности человека.

Отложения голоцена выполняют Волго-Ахтубинскую пойму, дельту и котловину озера баскунчак. В составе голоцена астраханского Прикаспия выделены различные фациально-литологические типы континентальных и морских осадков: аллювиальные, аллювиально-дельтовые, лиманные, озерно-старичные, озерно-хемогенные, карстовые, эоловые, элювиальные, делювиальные и пролювиальные генетически связанные между собой и с определенными формами рельефа.

Морские песчаные отложения плейстоцена и голоцена представлены преимущественно мелкими и пылеватыми разностями пород. Пески средней крупности и крупные встречаются значительно реже и залегают преимущественно в основании разрезов. Характерной особенностью мелких песчаных грунтов плейстоцена является их высокая сортированность (монофракционность), 72–82 % частиц приходится на фракции размером 0,25–0,1 мм.

Пылеватые пески плейстоцена близки по гранулометрическому составу: от 78 до 87 % всех частиц принадлежат фракциям размером 0,25–0,1 мм и 0,1–0,05 мм. При этом фракции мелких песков содержат от 51,3 до 58,9 % частиц, фракция тонких песков – от 35,6 до 37,3 %. Эта же особенность отмечается у хвалынских и хазарских песков на различных участках астраханского Прикаспия. Их гранулометрический состав характеризуется содержанием частиц диаметром более 1 мм – 2,1 %, 1–0,5 мм – 5,0 %, 0,5–0,25 – 36,8 %, 0,25–0,1 мм – 48,5 %, < 0,1 – 7,6 % [8].

Геологические свойства и гранулометрический состав песчаных пород изменяются в значительных пределах по территории астраханского Прикаспия (табл., рис. 2).

Таблица

Геологические свойства песчаных пород

Наименование породы	Влажность, %	Плотность породы, <u>влажной</u> сухой, г/см ³	Коэффициент пористости, д.ед	Гранулометрический состав:	
				размер частиц в мм	% содержание
нижнехвалынские мелкие пески	8–12,0	<u>1,67</u> 1,51	0,690	>1	2,1
				1–0,5	5,0
				0,5–0,25	36,8
				0,25–0,10	48,5
				<0,10	7,6
верхнехвалынские пески пылеватые маловлажные	10,2	<u>1,73</u> 1,57	0,700	0,5–0,25	1,51
				0,25–0,1	61,96
				менее 0,1	36,53

Продолжение таблицы

Наименование породы	Влажность, %	Плотность породы, влажной сухой, г/см ³	Коэффициент пористости, д.ед	Гранулометрический состав:	
				размер частиц в мм	% содержание
нижнехазарские пылеватые пески однородные по составу	5,0	<u>1,60</u> 1,53	0,730	1,0–0,5 0,5–0,25 0,25–0,10 <0,10	0,13 1,83 90,54 7,5
эоловые пески мелкие неоднородные по составу	2–3	<u>1,64</u> 1,57	0,740	0,5–0,25 0,25–0,10 <0,10	0,26 79,6 20,13
эоловые пески пылеватые неоднородные по составу маловлажные	3–7	<u>1,61</u> 1,53	0,816	0,5–0,25 0,25–0,10 0,10–0,05 < 0,05	0,22 36,6 59,1 4,3
эоловые пески мелкие водонасыщенные	12–16		0,694–0,773	0,5–0,25 0,25–0,10 0,10–0,05 < 0,05	0,20 86,4 10,7 2,6
верхнечетверичные аллювиальные пески пылеватые водонасыщенные	24–30	<u>1,98</u> 1,57	0,562–0,757	0,5–0,25 0,25–0,10 <0,10	27,5 61,5 11,0

Эоловые отложения имеют широкое распространение на территории астраханского Прикаспия, особенно в юго-восточной его части. Там данные отложения слагают обширные участки аккумулятивно-эрозионной равнины, залегающие на верхнехвалынском песчаном субстрате в виде песчаных бугристо-грядовых холмов, или выполняют бугры понижения. Эоловые пески образуются в основном за счет перевевания различных по генезису отложений, преимущественно аллювиальных, флювиогляциальных и морских и в меньшей мере за счет разрушения и дефляции продуктов разрушения коренных пород. На относительно тектонически спокойных участках Прикаспия, занятых морской равниной, сформировались элювиальные и эоловые фации. Эоловые пески хорошо отсортированы по величине зерен, округленных и нередко отшлифованных. Характерной чертой этих отложений является сложная перекрестная слоистость (рис. 3), представляющая многократное чередование в разрезе срезающих друг друга волнистых слоев, наклонных под углом от 5–12 до 30–35° [3,10, 11].

Рельеф песков определяется мощностью песчаной толщи, составом растительного покрова, ветровым режимом и длительностью переработки ветром [14]. Взаимодействие этих факторов обусловило образование различных форм рельефа закрепленных песков: грядовых, бугристых, кучевых и их сочетаний – полуразкрепленных и подвижных песков: барханных или бугристо-барханных. Гребни гряд волнистые, с чередованием вершин и понижений между ними. Высота гряд от 5–7 до 20–30 м. В пределах астраханского Прикаспия также широко развиты песчаные массивы Аксарайский, Рын-пески и другие, занимающие большую часть территории, с многочисленными буграми высотой до 5–7 м, различной ориентировки, размеров и формы, разделенные понижениями.

Эоловые пески мелкие, по минералогическому составу кварцевые, тонкозернистые, желто-серые, отсортированные, от средней плотности до рыхлых, с обломками раковин моллюсков до 30 %. Мощность эоловых песков редко превышает 10 м. Песчаные пылеватые разности состоят из фракции 0,25–0,1 мм – 36,6 %, 0,1–0,05 мм – 59,1 %, < 0,05 мм – 4,3 %.

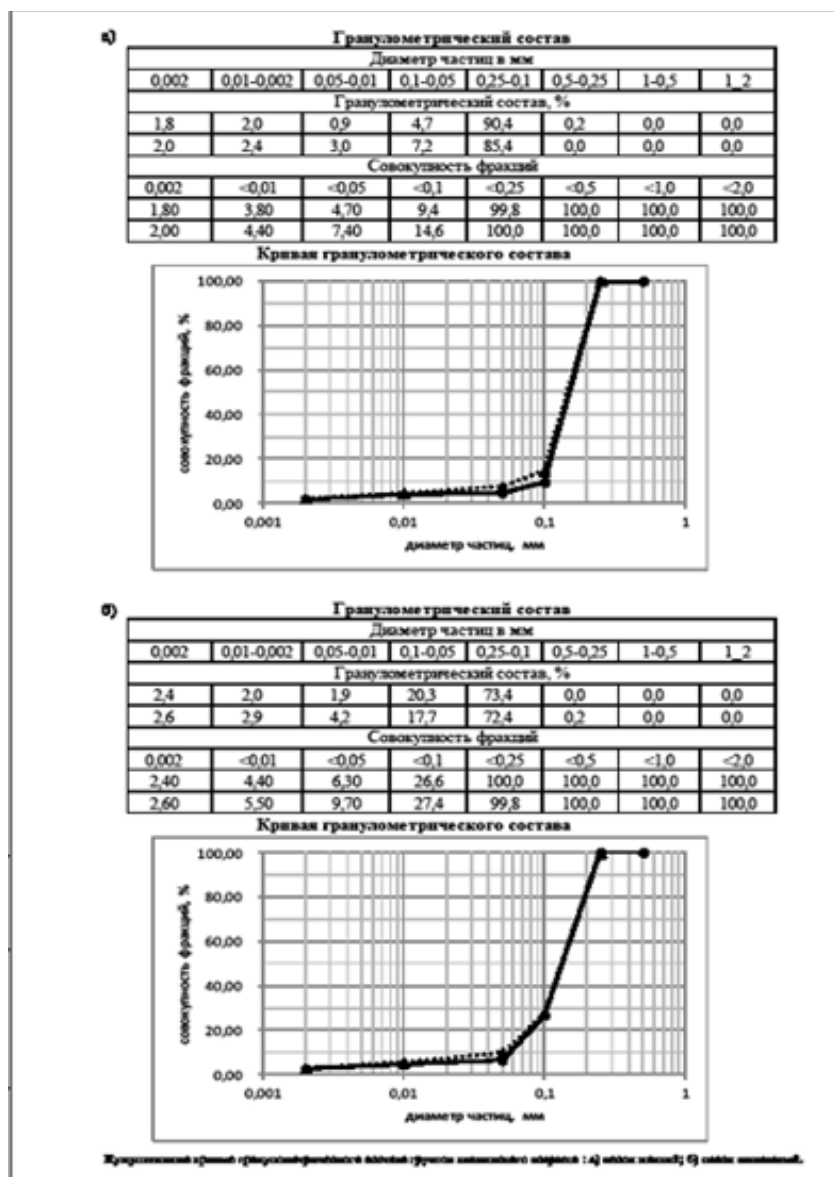


Рис. 2. Кумулятивные кривые гранулометрического состава песков хвалынского возраста: а) мелких, б) пылеватых

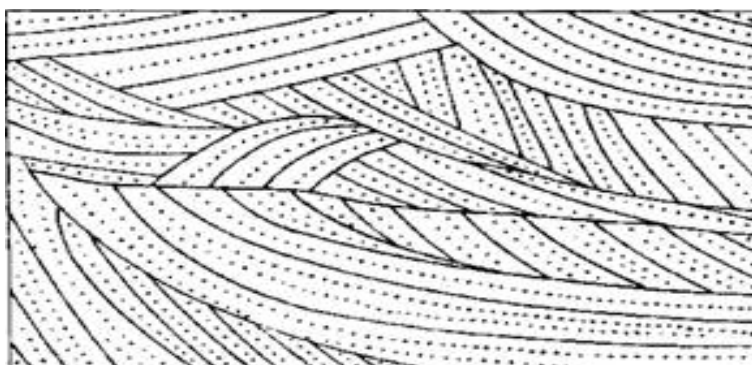


Рис. 3. Типичная слоистость эоловых песков

Гранулометрический состав золовых песков отличается от состава хвалыньских песков наличием более тонких фракций (рис. 3). Минералогический состав золовых отложений близок к составу материнских пород, но отличается от них меньшим содержанием полевых шпатов.

На участках котловин выдувания, глубина которых достигает уровня высокоминерализованных грунтовых вод, пески засолены и образуют солончаки. Мелкие пески имеют коэффициент пористости 0,694–0,773, пылеватые – 0,816. Влажность пород изменяется от 0,02 до 0,03, степень влажности – от 0,7 до 0,9.

Аллювиальные песчано-глинистые отложения (*alV*) развиты в пределах Волго-Ахтубинской долины и ее дельты, а также в степных ложбинах стока, которые как водотоки прекратили свое существование, но четко выделяются в рельефе. Современный возраст аллювия подтверждается фактом существования эрозионных долин Волго-Ахтубы и других более мелких водотоков, которые прорезают осадки верхнего плейстоцена. Мощность аллювиальных отложений здесь изменяется от 6 до 59 м [2]. Аллювиальные пески представлены русловой фацией рек и Волги, в которой выделяется современная и несколько древних погребенных аллювиальных свит, пойменной фацией и отложениями надпойменных террас. Характерной особенностью отложений является сложное строение и взаимное литологическое замещение пород на небольшом расстоянии. В современном русловом аллювии Прикаспия преобладают мелкие разности песков, сменяющиеся песками средней крупности [10, 11].

Для мелких и пылеватых фракций руслового аллювия, как и для морских песков, характерна весьма высокая сортированность (монофракционность). Из погребенных аллювиальных свит наиболее отсортированы пески нижне- и верхнечетвертичной свит. Среднечетвертичная (нижнехазарская) свита характеризуется более грубым составом отложений по сравнению с нижнехвалынскими и бакинскими. Пески пойменного аллювия отличаются наличием в их составе пылеватых и глинистых частиц.

Характерной чертой плейстоцен-голоценового аллювия является его довольно высокая плотность (за исключением разностей, имеющих возраст наиболее близкий к современному). По данным исследований верхне-четвертичные аллювиальные пески преимущественно плотные (77 %). Рыхлые разности составляют 4 %, средней плотности – 19 % [7, 8].

Морские осадки голоцена распространены в пониженных участках рельефа дельты, окружающей ее хвалынской равнины, на дне Каспийского моря. Среди морских образований выделяют нижние и верхние новокаспийские слои.

Нижнекаспийские слои (*mIVnk*) распространены в приморской полосе шириной 30–40 км и представлены буровато-серыми тонкозернистыми, глинистыми песками с прослоями суглинков и супесей мощностью 3–5 м.

Верхнекаспийские слои (*mIVnk₂*) развиты вдоль побережья Каспийского моря в полосе шириной 15–20 км, представлены грязно-серыми песками с включениями линз ракушняка, сложенного раковинами каспийских морских моллюсков [6].

Песчано-глинистые отложения голоцена, слагающие разрез, сформировались под влиянием различных физико-географических факторов: неотектонических движений и эрозионно-аккумулятивной деятельности рек и ветра. Голоценовые пески пойменного аллювия имеют различную плотность. Рыхлые пес-

ки составляют 13 %, пески средней плотности – 31 %, плотные – 56 %, средней крупности – около $40,0 \cdot 10^5$ Па [11, 13].

Таким образом, песчаные отложения различного генезиса Прикаспийской низменности от нижнечетвертичного до голоценового возраста, преимущественно мелкого и пылеватого состава, отличаются высокой однородностью минералогического и гранулометрического состава, высокой сортированностью, значительными отличиями геологических свойств. Наименьшую сортировку имеют отложения дельты. Морские и аллювиальные отложения нижневерхнечетвертичного, раннеголоценовые аллювиальные и дельтовые пески в основном являются плотными. Позднеголоценовые и эоловые пески преимущественно рыхлые, с более низкими геологическими свойствами.

Перечисленные геологические особенности песчаных пород необходимо учитывать при проектировании зданий и сооружений, размещении объектов инфраструктуры.

Список литературы

1. ГОСТ 5180–84. Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик. – Введен 2016–04–01. – Москва : Станартинформ, 2016. – 48 с.
2. ГОСТ 12071–2000. Грунты. Отбор, упаковка, транспортирование и хранение образцов. – Введен 2001–07–01. – Москва : Госстрой России, ГУП ЦПП, 2001. – 23 с.
3. ГОСТ 30416–96. Грунты. Лабораторные испытания. Общие положения. – Введен 1997–01–01. – Москва : ИПК Издательство стандартов, 1997. – 18 с.
4. ГОСТ 21153.0–75. Породы горные. Отбор проб и общие требования к методам физических испытаний. – Введен 1976–07–01. – Москва : Издательство стандартов, 1982. – 4 с.
5. Жуков М. М. Плиоценовая и четвертичная история севера Прикаспийской впадины / М. М. Жуков // Проблемы западного Казахстана. – Москва : АН СССР, 1945. – Т.2. – 240 с.
6. Инженерная геология СССР / под ред. И. С. Комарова. – Москва : МГУ, 1978. – Т. 1. – 528 с.
7. Москвитин А. И. Плейстоцен Нижнего Поволжья / А. И. Москвитин // Тр. ГИН АН СССР. – Москва, 1962. – Вып. 64. – 262 с.
8. Николаев Ю. П. Инженерная геология и полезные ископаемые Прикаспия / Ю. П. Николаев, В. Н. Синяков, А. О. Серебряков, О. И. Серебряков. – Астрахань : ЦНТЭП, 2007. – 492 с.
9. Попов Г. И. Четвертичная система / Г. И. Попов // Геология СССР. – Москва : Недра, 1991. – Т. 16. – С. 382–394.
10. Савинов Ю. А. Четвертичная геология севера Русской платформы / Ю. А. Савинов. – Ленинград : ЛГУ им. А.А. Жданова, 1971. – 192 с.
11. Синяков В. Н. Эколого-геологические исследования солянокупольных бассейнов / В. Н. Синяков, С. В. Кузнецова, Ю. П. Николаев. – Астрахань : ЦНТЭП, 2007. – 220 с.
12. Федоров П. В. Плейстоцен Понто-Каспия / П. В. Федоров. – Москва : Наука, 1978. – 168 с.
13. Четвертичные отложения, геоморфология, новейшая тектоника Среднего и Нижнего Поволжья. – Саратов : Сарат. ун-т, 1982. – Ч. 1. – 128 с.
14. Якушова А. Ф. Общая геология / А. Ф. Якушова, В. Е. Хаин, В. И. Славин. – Москва : МГУ, 1988. – 448 с.

References

1. GOST 5180–84. Soil. Methods of laboratory definition of physical characteristics. Introduced 2016–04–01. Moscow, Standartinform Publ., 2016. 48 p.
2. GOST 12071–2000. Soil. Selection, packing, transportation and storage of samples. Introduced 2001–07–01. Moscow, Gosstroy Rossii, GUP TsTsP Publ., 2001. 23 p.
3. GOST 30416–96 Soil. Laboratory researches. General provisions. Introduced 1997–01–01. Moscow, IPK Izdatelstvo standartov Publ., 1997. 18 p.
4. GOST 21153.0–75. Rocks mountain. Sampling and General requirements for physical test methods. Introduced 1976–07–01. Moscow, Izdatelstvo standartov Publ., 1982. 4 p.
5. Zhukov M. M. Pliotsenovaya i chetvertichnaya istoriya severa Prikaspiyskoy vpadiny [Pliocene and quarternary history of the North of Caspian Depression]. *Problemy zapadnogo*

Kazakhstana [Problems of the western Kazakhstan], Moscow, Academy of Sciences of the USSR Publ. House, 1945, vol. 2. 240 p.

6. Komarov I. S. (ed.) *Inzhenernaya geologiya SSSR* [Engineering geology of the USSR], Moscow, MSU Publ. House, 1978, vol. 1, 528 p.

7. Moskvitin A. I. Pleystotsen Nizhnego Povolzhya [Pleistocene of Lower Volga area]. *Tr. GIN AN SSSR* [Proceedings of the GIN Academy of Sciences of the USSR], Moscow, 1962, issue 64. 262 p.

8. Nikolaev Yu. P., Sinyakov V. N., Serebryakov A. O., Serebryakov O. I. *Inzhenernaya geologiya i poleznye iskopaemye Prikaspiya* [Engineering geology and minerals Prikaspiya], Astrakhan, TsNTEP Publ., 2007. 492 p.

9. Popov G. I. Chetvertichnaya sistema [Quaternary system]. *Geologiya SSSR* [Geology of the USSR], Moscow, Nedra Publ., vol. 16, pp. 382–394.

10. Savinov Yu. A. *Chetvertichnaya geologiya severa Russkoy platformy* [Quaternary geology of the North of the Russian platform], Leningrad, LGU of A.A. Zhdanov Publ. House, 1971. 192 p.

11. Sinyakov V. N., Kuznetsova S. V., Nikolaev Yu. P. *Ekologo-geologicheskie issledovaniya solyanokupolnykh basseynov* [Ecological and geological investigations of salt-dome pools], Astrakhan, TsNTEP Publ., 2007. 220 p.

12. Fedorov P. V. *Pleystotsen Ponto-Kaspiya* [Pleistocene of the Ponto-Caspian Sea], Moscow, Nauka Publ., 1978. 168 p.

13. *Chetvertichnye otlozheniya, geomorfologiya, noveyshaya tektonika Srednego i Nizhnego Povolzhya* [Quaternary deposits, geomorphology, the newest tectonics of Central and Lower Volga area], Saratov University Publ. House, 1982, part 1. 128 p.

14. Yakushova A. F., Khain V. Ye., Slavin V. I. *Obshchaya geologiya* [General geology], Moscow, MSU Publ. House, 1988. 448 p.