

УДК 624.131.3

Инженерно-геологические изыскания в междуречье р. Камы и нижнего течения р. Белой для строительства зданий и сооружений

Э.Т. Хайдаршина, Л.Р. Загитова, А.Р. Газиев, Р.Р. Кагирова

Башкирский ГАУ

450001, Уфа, ул. 50-летия Октября, 34. E-mail: elnara_tim@mail.ru

(Статья поступила в редакцию 20 декабря 2023 г.)

Рассмотрены инженерно-геологические условия экономически развитой территории. Нефтедобыча, наличие городов и благоприятные природные условия обуславливают интенсивное строительство зданий различного назначения и промышленных сооружений. Для возведения объектов необходима информация об особенностях грунтов, уровне залегания подземных вод, геолого-физических процессах, что важно при выборе фундамента. Геологическое строение рассматриваемой территории характеризуется мощным осадочным чехлом палеозойского возраста, перекрытым четвертичными отложениями: супесями, суглинками, песками и гравийно-галечными породами.

Ключевые слова: *геолого-литологическое строение, грунты, четвертичные отложения.*

DOI: 10.17072/psu.geol.23.1.40

Введение

Строительство является важнейшей отраслью хозяйственной деятельности человека, прошедшей большой путь развития от доисторических времен до сегодняшнего дня. Строятся жилые дома, производственные и общественные здания, различные сооружения, располагающиеся на участке земной поверхности и простирающиеся вглубь, создавая нагрузку на земную кору. Поэтому любому строительству предшествует процесс инженерно-геологических изысканий, целью которых является изучение геолого-литологического строения и гидрогеологических условий участка, физико-механических свойств грунтов, физико-геологических процессов и явлений, способных отрицательно повлиять на строительство и эксплуатацию проектируемых зданий и сооружений.

Инженерно-геологические изыскания

Междуречье р. Камы и нижнего течения р. Белой находится на северо-западе Республики Башкортостан, территории, развитой в промышленном отношении в связи с разработкой Арланского нефтяного месторождения, продолжающейся более 60 лет. Здесь

расположены города Нефтекамск, Агидель и Янаул, множество поселков и крупных деревень, а также различные памятники природы (Загитова, 2006). Строительство представлено возведением объектов жилого, промышленного и культурного назначения, включая сооружения для нефтедобычи. Инженерно-геологические изыскания зависят от размеров проектируемых зданий и сооружений, в первую очередь, от глубины заложения фундамента, а также от глубины залегания подземных вод. Для строительства малоэтажных зданий в сельских населенных пунктах достаточно изучение геологических условий до глубины 10–20 м, многоэтажных зданий в городах – до 30–50 м. Поскольку рассматриваемая территория отличается промышленной эксплуатацией, ведется строительство крупных сооружений, включая подземные, возникает необходимость инженерно-геологических изысканий до глубин, превышающих 4000 м.

Стратиграфический разрез осадочной толщи междуречья р. Камы и нижнего течения р. Белой представлен горными породами девонской, каменноугольной, пермской, а также отложениями неогеновой и четвертичной систем, плащеобразно покрывающими

палеозойские в пределах всей исследуемой площади.

В породах девонской системы выделяются средний и верхний отделы.

Первый из них представлен старооскольским надгоризонтом живетского яруса, состоящим из карбонатно-терригенных пород – песчаников, алевролитов, глин и глинистых карбонатов с толщиной 5–10 м (Баймухаметов и др., 1997). Здесь же встречается пласт песчаников, алевролитов, аргиллитов темно-бурых и зеленовато-серых муллинского горизонта толщиной 29–35 м.

К верхнему девону относятся мелкозернистые песчаники, алевролиты, глинисто-алевролитовые породы толщиной 5–20 м пашийского горизонта нижнефранского подъяруса франского яруса. Выше расположен кыновский горизонт с аргиллитами зеленовато-серыми и буровато-серыми, прослоями глинистые известняки. Толщина горизонта доходит до 25–30 м. Среднефранский подъярус представлен известняками зеленовато-серыми и темно-серыми, органогенными, глинистыми с толщиной 15 м саргаевского горизонта. Выше находятся темноокрашенные известняки, битуминозные с прослоями сланцев толщиной 15–20 м доманиковского горизонта. В составе верхнефранского подъяруса имеются отложения известняков серых и темно-серых, глинистых, местами доломитизированных, относящихся к воронежскому, евлановскому, ливенскому и мендымскому горизонтам. В нижней части разреза наблюдаются прослои аргиллитов мощностью 225–265 м.

Фаменский ярус характеризуется известняками светло-серыми и серыми, плотными, кристаллическими, органогенными с прослоями доломитов (до 250 м).

Каменноугольная система представлена нижним, средним и верхним отделами (Хакимова, 2016). В нижнем карбоне выделяется турнейский ярус, содержащий: а) малевский и упинский горизонты – известняки серые и светло-серые, мелкокристаллические и пелитоморфные толщиной 20–30 м; б) черепетский и кизеловский горизонты – известняки светло-серые, органогенно-обломочные, пелитоморфные, в верхней части глинистые и кремнистые. Общая толщина горизонтов 20–30 м.

Выше располагается визейский ярус: а) елховский горизонт – аргиллиты темно-серые, толщиной 0,5–5 м, иногда размыты; б) радаевский горизонт – пачка аргиллито-песчаных пород, состоящая из песчаников светло-серых, глинистых, а также аргиллитов темно-серых, плотных, углистых, зачастую замещающихся углями, толщина отложений горизонта – от 1 до 15 м; в) бобриковский горизонт – песчаники, алевролиты, аргиллиты, угли, толщиной – до 35 м; г) окский надгоризонт, тульский, алексинский горизонты – переслаивание песчаников, алевролитов и аргиллитов с подчиненными прослоями известняков, толщина доходит до 30–35 м; д) михайловский, веневский горизонты – известняки и доломиты серые и буровато-серые, плотные, кристаллические, трещиноватые и кавернозные, толщина слоя колеблется от 65 до 95 м.

Завершает нижний карбон серпуховский ярус с доломитами белыми, серыми и буровато-серыми, плотными, кристаллическими, с прослоями известняков, пористо-кавернозными, толщина – 90–110 м.

Средний карбон представлен башкирским и московским ярусами. Первый содержит известняки серые и светло-серые, плотные, кристаллические, толщиной – 35–50 м. Московский ярус состоит из нескольких горизонтов: а) верейский горизонт – переслаивание известняков, мергелей, аргиллитов, известковистых песчаников и алевролитов с толщиной отдельных прослоев до 15 м, толщина горизонта – 45 м; б) каширский горизонт – известняки с прослоями доломитов, известняки серые и буровато-серые, кристаллические, прослоями органогенно-обломочные, пористые, пористо-кавернозные; доломиты кристаллические, иногда пористо-кавернозные, толщина – 65–85 м; в) подольский горизонт – преимущественно известняки серые и светло-серые, кристаллические, прослоями органогенные, пористые. Встречаются прослои доломитов, толщина – 65–95 м; г) мячковский горизонт – известняки серые и светло-серые, кристаллические, прослоями органогенные, иногда доломитизированные, кремнистые; доломиты светло-серые, коричневатые, кристаллические, кремнистые, прослоями пористые и трещиноватые; толщина отложений горизонта находится в пределах 65–95 м.

Верхний карбон представлен чередованием прослоев известняков и доломитов. Известняки светло-серые, коричневато-серые, кристаллические и органогенно-обломочные, доломитизированные. Доломиты серые, пелитоморфные и тонкокристаллические. В подошвенной части – прослой известняков плотных, тонкокристаллических. Толщина слоя около 190 м.

Пермская система состоит из нижнего и верхнего отделов¹ (Пучков, 2014). Нижняя пермь включает а) ассельский и сакмарский ярусы – известняки серые и буровато-серые, кристаллические и органогенно-обломочные с прослоями доломитов; в верхней части разреза – прослой сульфатизированных плотных известняков толщиной – 100–125 м; б) артинский ярус – известняки и доломиты светло-серые, кристаллические и пелитоморфные, в подошве яруса – прослой светло-голубых ангидритов, толщина – 5–30 м; в) кунгурский ярус сложен переслаиванием ангидритов, доломитов и иногда известняков, толщина горизонта доходит до 180 м.

Верхняя пермь представлена: а) соликамским горизонтом в виде доломитов, ангидритов и гипсов с глинистым материалом, толщина – 20 м; б) уфимским ярусом из толщи известково-песчаных красноцветных глин, переслаиваемых песчаниками коричневато-серыми, толщина слоя колеблется от 100 до 225 м; в) казанским ярусом – переслаивание аргиллитов, песчаников, алевролитов с прослоями конгломератов и известняков. Ярус развит на правобережном водоразделе р. Белой.

Толщина казанского яруса – до 50 м.

Неогеновая система кайнозоя содержит песчаные и гравийно-галечные линзы и прослой в толще песчаных глин нерасчлененного среднего и верхнего плиоцена. Отложения по преимуществу слагают пологие левобережные склоны р. Белой и ее притоков и имеют толщину до 25–35 м.

Четвертичная система представлена аллювиальными отложениями супесей и суглинков, песков и гравийно-галечных осадков, слагающих аккумулятивные террасы долин

рек Белая и Кама. Толщина покровных супесей и суглинков 2–7 м, толщина песчано-гравийно-галечных отложений 5–35 м. На коренных склонах развиты преимущественно глинистые элювиально-делювиальные отложения толщиной до 10 м.

Структурный план пород среднего и верхнего девона отличается от структуры поверхности терригенных отложений нижнего карбона. Наблюдается пологое погружение поверхности девонских отложений на север и северо-восток. Резкая перестройка структурного плана происходит в фаменских и турнейских известняках. Выделяется серия валов, имеющих северо-западную ориентировку, параллельно границам Бирской седловины (Баймухаметов и др., 1997). К одному из этих валов, названному Арлаво-Дюртюлинским, приурочена Арланская структура. Вал имеет протяженность до 120 км, северное окончание которого находится на Вятской площади. Ширина вала меняется от 10 до 35 км. Образование крупной Арланской структуры связано с развитием Актаныш-Чишминской ветви Камско-Кинельской системы некомпенсированных прогибов. В ядре складки находится гигантский барьерный риф верхнедевонского (фаменского) возраста. В радаевско-бобриковское время на территории мегавала происходили интенсивные карстовые процессы, в результате которых образовались котловины различных размеров, зачастую очень глубоких, за счет размыва турнейских известняков. Эти котловины впоследствии заполнены радаевско-бобриковскими терригенными отложениями. По кровле вал имеет асимметричное строение – с более крутым (до 5°) юго-западным крылом и пологим (до 1°) северо-восточным. Амплитуда структуры по замкнутой изогипсе составляет 90–100 м. На фоне обширной Арланской структуры по кровле выделяется большое число локальных структур меньших размеров и амплитуды. Их размеры, как правило, не превышают 1–5 км. Вверх по разрезу структурный план сохраняется, но становится менее контрастным и по верхнепермским отложениям практически полностью нивелируется.

¹ Авторами принята устаревшая схема стратиграфии пермской системы. Примечание редакции.

Гидрогеология территории представлена терригенными и карбонатными породами, составляющими два этажа, между которыми располагаются галогенные отложения кунгурского яруса. Верхний гидрогеологический этаж состоит из надкунгурской толщи с водоносными горизонтами преимущественно пресных вод, образующей зону интенсивного и замедленного водообмена. Нижний гидрогеологический этаж состоит из горных пород нижней перми и верхнего девона, образующих водоносные горизонты и комплексы пластовых рассолов зоны весьма замедленного водообмена. На этом этаже плотные пласты, чередующиеся с проницаемыми слоями, играют роль водоупоров водоносных горизонтов. Общая минерализация и химический состав подземных вод меняется сверху вниз, начиная от 90–200 г/л и заканчивая 270–280 г/л. Последние уже относятся к рассолам. В качестве источника хозяйственно-питьевого водоснабжения используются воды верхнего гидрогеологического этажа, состоящего из следующих структурных единиц: 1) водоносный горизонт аллювиальных четвертичных отложений (аQ); 2) водоносный горизонт нерасчлененного среднего и верхнего плиоцена (N_2^3+ap); 3) водоносный комплекс отложений нижеказанского подъяруса (P_2kz_1); 4) водоносный комплекс отложений уфимского яруса (P_2u).

При строительстве малоэтажных зданий достаточно провести инженерно-геологические изыскания до глубины 10–20 м. Они начинаются с рекогносцировочного обследования местности, направленного на выявление поверхностных проявлений физико-геологических процессов, способных отрицательно повлиять на устойчивость проектируемых сооружений, оценку возможных изменений геологической среды под воздействием строительства и реконструкции сооружений. Основной вид полевых работ – буровые работы с целью изучения геолого-литологического строения, условий залегания грунтов, гидрогеологических условий; отбора проб грунта и воды для лабораторных исследований. Особое внимание уделяется исследованию физико-механических свойств грунтов, пример которого приводится ниже.

Участок строительства под здание детского сада находится в с. Буртюк Краснокамского района Республики Башкортостан. В геологическом строении участка до изученной глубины (12,0 м) принимают участие четвертичные отложения. Сводный инженерно-геологический разрез участка следующий (сверху вниз):

Четвертичные отложения.

1. Почвенно-растительный слой (hQ_{IV}). Мощность почвенного покрова 0,5...1,2 м.

2. ИГЭ-1 (dQ). Глина красновато-коричневого цвета, от полутвердой до твердой консистенции, с карбонатными включениями, с редкими прослойками суглинка тугопластичного. Вскрытая мощность слоя от 10,8 до 11,5 м.

По сложности инженерно-геологических условий площадка отнесена к I категории (СП 47.13330.2012).

На основании полученных результатов на исследуемой площадке выделены следующие инженерно-геологические элементы (ИГЭ):

ИГЭ 1 – глина полутвердая (adQ).

Выделенный ИГЭ характеризуется значениями показателей физико-механических свойств, приведенными в табл.

При водонасыщении: С: $C_p = 0,036$ МПа ($\alpha = 0,85$); $C_p = 0,035$ МПа ($\alpha = 0,95$); φ : $\varphi_p = 14^\circ$ ($\alpha = 0,85$); $\varphi_p = 13^\circ$ ($\alpha = 0,95$); Е: $E_p = 9$ МПа.

В двух скважинах обнаружены единичные прослойки суглинка тугопластичного толщиной 0,5...0,7 м. Согласно п. 5.4 ГОСТ 20522-2012*, суглинок в данном случае не выделяется в отдельный элемент, а его характеристики принимаются: С: $C_p = 0,022$ МПа ($\alpha = 0,85$); $C_p = 0,019$ МПа ($\alpha = 0,95$); φ : $\varphi_p = 15^\circ$ ($\alpha = 0,85$); $\varphi_p = 14^\circ$ ($\alpha = 0,95$); Е: $E_p = 11$ МПа.

По результатам лабораторных исследований, грунты к бетону нормальной плотности агрессивными свойствами не обладают. Коррозионная агрессивность к свинцовой оболочке кабеля – от средней до высокой, к алюминиевой оболочке кабеля – от средней до высокой. Коррозионная агрессивность грунтов ИГЭ-1 к углеродистой стали высокая, удельное электрическое сопротивление изменяется от 3,50 до 4,20 Ом.

Таблица. Физико-механические свойства ИГЭ 1 – глина полутвердая на участке строительства детского сада в с. Буртук Краснокамского района РБ

Наименование показателей	Единица измерения	Количество определений	Значения			Коэффициент вариации	Расчетные значения	
			Минимальные	Максимальные	Нормативные		$\alpha=0,85$	$\alpha=0,95$
Естественная влажность (коэффициент надежности)	д.ед.	26	0,15	0,289	0,238	0,15	0,245 0,97	0,250 0,95
Плотность грунта (коэффициент надежности)	г/см ³	26	1,80	2,02	1,92	0,03	1,91 1,005	1,90 1,01
Плотность скелета грунта	г/см ³	26	1,41	1,69	1,55	0,05		
Плотность частиц грунта	г/см ³	26	2,70	2,74	2,73	0,01		
Граница текучести	д.ед.	26	0,340	0,580	0,438	0,12		
Граница раскатывания	д.ед.	26	0,200	0,283	0,231	0,10		
Число пластичности	д.ед.	25	0,140	0,250	0,203	0,15		
Показатель текучести	д.ед.	26	<0	0,250	0,086	-		
Пористость	%	26	38,10	48,54	43,45	0,07		
Коэффициент пористости (коэффициент надежности)	д.ед.	26	0,615	0,943	0,767	0,13	0,788 0,97	0,800 0,96
Коэффициент водонасыщения	д.ед.	25	0,775	0,950	0,859	0,06		
Удельное сцепление: (коэффициент надежности)	МПа	13	0,039	0,062	0,050	0,13	0,048 1,04	0,047 1,06
Угол внутреннего трения: (коэффициент надежности)	град.	13	15	24	20	0,14	19 1,06	18 1,12
Модуль деформации:	МПа	13	14	30	20	0,23		

На камеральном этапе выполняется инженерно-геологическая модель среды под проектируемыми зданиями и сооружениями, составляются рекомендации по их строительству и эксплуатации.

Заключение

Междуречье р. Камы и нижнего течения р. Белой является густонаселенной территорией, развитой в экономическом отношении, что сопровождается интенсивным строительством промышленных сооружений, а также жилых домов и общественных зданий. Инженерно-геологические изыскания выявляют особенности строения верхнего слоя земной коры на участках строительства, обеспечивая долговечность объектов и безопасность в процессе их эксплуатации. Геология района представлена осадочными горными породами четвертичного

периода, неогена и второй половины палеозоя. Ближе к земной поверхности залегают пески и глины, ниже – известняки, доломиты, алевролиты, аргиллиты, местами – ангидриты и песчаники. Проявления карстовых процессов отсутствуют, что позволяет осуществлять строительство и эксплуатацию зданий и сооружений без каких-либо ограничений. В силу вышеприведенного, междуречье р. Камы и нижнего течения р. Белой можно отнести к перспективным в плане строительства территориям.

Библиографический список

Баймухаметов К.С., Гайнуллин К.Х., Сыртланов А.Ш., Тимашев Э.М. Геологическое строение и разработка Арланского нефтяного месторождения. Уфа, РИЦ АНК «Башнефть», 1997. 365 с.

ГОСТ 20522-2012*. Грунты. Метод статистической обработки результатов определений характеристик. М., 2013.

Загитова Л.Р. Перспективы рационального природопользования в ландшафтах Башкирского Предуралья. Материалы Всероссийской научно-практической конференции в рамках XVI Международной специализированной выставки «Агрокомплекс». Уфа, 2006. С. 77–78.

Пучков В.Н. Краткий очерк геологии Башкирии. М., Георесурсы, № 3, 2014. С. 28–32.

СП 47.13330.2012. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. М., 2012.

Хакимова В.С. Краткая геологическая характеристика Арланского нефтяного месторождения. М., Инновационная наука, № 12, 2016. С. 99–104.

Engineering and Geological Surveys in the Interfluve of the Kama River and the Lower Course of the Belaya River for the Buildings and Structures Construction

E.T. Khaydarshina, L.R. Zagitova, A.R. Gaziev, R.R. Kagirova

Bashkir State Agrarian University,

34 50th October anniversary Str., Ufa 450001, Russia. E-mail: elnara_tim@mail.ruf

The article considers the engineering-geological conditions of the territory of industrial and civil engineering development. Oil production, the cities expansion, and favorable natural conditions cause the intensive construction of buildings for various purposes, and industrial facilities. Information about the characteristics of soils, the level of groundwater occurrence, geological and physical processes that are important for choosing a foundation is needed for proper construction of objects. The geological structure of the area under consideration is characterized by a thick Paleozoic sedimentary cover overlain by Quaternary deposits such as sandy loam, loam, sand, and gravel-pebble rocks.

Key words: *geological and lithological structure; soils; Quaternary deposits.*

References

Baymukhametov K.S., Gaynullin K.H., Syrtlanov A.Sh., Timashev A.M. 1997. Geologicheskoe stroenie i razrabotka Arlanskogo neftyanogo mestorozhdeniya [Geological structure and development of the Arlanskoe oil field]. Ufa, RIC JSOC "Bashoil", p. 365. (in Russian)

ГОСТ 20522-2012. Soils. Metod statisticheskoy obrabotki rezultatov opredeleniy kharakteristik [SS 20522-2012*. Soils. The method of statistical processing of the results of the definitions of characteristics]. Moskva. 2013. (in Russian)

Zagitova L.R. 2006. Perspektivy ratsionalnogo prirodopolzovaniya v landshaftakh Bashkirskogo Preduralya [Prospects of rational nature

management in the landscapes of the Bashkir Pre-Urals]. In: Materials of the All-Russian scientific and practical conference within the framework of the XVI International specialized Exhibition "Agro-complex". Ufa, pp. 77–78. (in Russian)

Puchkov V.N. 2014. Kratkiy ocherk geologii Bashkirii [A brief notes about the geology of Bashkiria]. Georesursy. 3:28–32. (in Russian)

GR 47.13330.2012. Engineering surveys for construction. The main provisions. – М., 2012. (in Russian)

Khakimova V.S. 2016. Kratkaya geologicheskaya charakteristika Arlanskogo neftyanogo mestorozhdeniya [Brief geological characteristic of the Arlanskoe oil field]. Innovative Science. 12:99–104. (in Russian)