

14. Nachtnebel H. P., Holzmann H., Dukhovny V. et al. The rehabilitation of the ecosystem and bioproductivity of the Aral Sea under conditions of water scarcity. Final report. INTAS project 0511 REBASOWS. 2006.
15. Pintér L., L. Bizikova, K. Kutics, Vári A. Developing a system of sustainability indicators for the Lake Balaton region // *Tájökológiai Lapok*. 2008. 6 (3). P. 271–293.
16. Slobodan P. Simonovic. Managing water resources: methods and tools for a systems approach. 2009.

ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЧЕТВЕРТИЧНОГО ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА ОСВОЕНИЕ ПОДЗЕМНОГО ПРОСТРАНСТВА г. БЕЛГОРОДА

А. Н. Кирилов

Национальный исследовательский университет «БелГУ»

Введение

Четвертичный инженерно-геологический комплекс в пределах г. Белгорода представлен насыпным грунтом (в поймах рек Везёлка и Северский Донец) или техногенным грунтом (в районах водоразделов – Белгоры и Харгоры) Q_{IV} , почвенно-растительным слоем Q_{IV} , аллювиальными песками, супесями, суглинками и глинами Q_{III-IV} .

В результате инженерно-геологических изысканий в разрезе четвертичного комплекса выделено 8 инженерно-геологических элементов (ИГЭ), имеющих площадное распространение.

Подстиляется комплекс меловыми породами (K_2), относящимся к полускальным грунтам.

На рассматриваемой территории выделяется два водоносных горизонта: современный аллювиальный (Q_{IV}) и средне-верхне-четвертичный (Q_{II-III}), имеющие повсеместное распространение на рассматриваемой территории.

Помимо указанных, в изучаемом разрезе выделяется два горизонта грунтовых вод, имеющих локальное распространение.

Интенсивное строительство и развитие инфраструктуры в г. Белгороде осуществляется в его центральной части, расположенной в поймах и на слиянии рек Северский Донец и Везёлка. В этом районе проходят основные автомагистрали города, соединяющие его с городами Харьков, Воронеж, Москва. Кроме того, в этом же районе существуют участки исторической застройки и участки застройки 1990–2008 гг. Поэтому подведение инженерных сооружений к новым объектам, а также строительство подземных переходов, подземных паркингов и других сооружений является сложной инженерно-геологической задачей, сложность которой кроме инженерно-геологических условий определяется и гидрогеологическими особенностями. Обеспечение безопасности и устойчивости инженерных сооружений в этих условиях становится одной из важнейших задач инженерно-геологических и гидрогеологических исследований.

Материалы и методы

Один из способов решения поставленных задач – выявление общих особенностей, а в дальнейшем закономерностей влияния инженерно-геологических и гидрогеологических условий на безопасность и устойчивость инженерных объектов. При использовании этого способа привлекаются результаты инженерно-геологических и гидрогеологических исследований, выполненных, во-первых, в предыдущие годы, во-вторых, специально проведенных в рамках работ по анализу и обобщению для уточнения и освещения отдельных неясных вопросов.

В настоящей работе использованы результаты лабораторных определений физико-механических свойств грунтов, отобранных из 36 инженерно-геологических скважин, вскрывающих отложения четвертичного комплекса. При этом по каждому ИГЭ количество образцов соответствует требованиям СНиП, всего 96 образцов.

Привлечены данные статического зондирования на глубину залегания четвертичного комплекса по 50 точкам. Используются результаты химического анализа подземных вод, отобранных из всех горизонтов. Всего 12 проб.

Все лабораторные исследования выполнялись по методикам, установленным нормативными документами.

При анализе и обобщении исходных данных использовались методы математического моделирования и современные информационные технологии.

Результаты и обсуждение

В результате изучения литологического строения разреза, определения физико-механических свойств грунтов, состава и динамики подземных вод четвертичного комплекса, использования методов математического моделирования при обработке исходных данных и компьютерных технологий при интерпретации, анализе и обобщении результатов обработки построены следующие инженерно-геологические и гидрогеологические модели.

ИГЭ-1: Почва черноземного облика, суглинистая или супесчаная в зависимости от подстилающей ее породы:

Плотность $\rho = 1,7 \text{ г/см}^3$

ИГЭ-2, ИГЭ-2а, ИГЭ-2б: Суглинок текучепластичный серо-зеленый, местами черный с примесью органических веществ и прослойками супеси и песка:

Природная влажность $W = 0,30$

Влажность на границе текучести $W_m = 0,33$

Влажность на границе раскатывания $W_p = 0,19$

Число пластичности $I_p = 0,14$

Показатель текучести $I_L = 0,79-0,80$

Плотность $\rho = 1,88 \text{ г/см}^3$

Плотность сухого грунта $\rho_d = 1,45 \text{ г/см}^3$

Коэффициент пористости $e = 0,85-0,90$

Степень влажности $S_r = 0,95-1,00$

Относительное содержание органического вещества $I_{от} = 0,03-0,05$

Модуль деформации $E = 5 \text{ мПа}$

Угол внутреннего трения $\varphi = 16-20^\circ$

Удельное сцепление $C = 15-16 \text{ кПа}$

ИГЭ-3: Глина серо-зеленая, темно-серая, черная, тугопластичная с остатками растительных веществ с прослойками песка:

Природная влажность $W = 0,34$

Влажность на границе текучести $W_m = 0,45$

Влажность на границе раскатывания $W_p = 0,27$

Число пластичности $I_p = 0,18$

Показатель текучести $I_L = 0,95$

Плотность $\rho = 1,75-1,77 \text{ г/см}^3$

Плотность сухого грунта $\rho_d = 1,31-1,33 \text{ г/см}^3$

Коэффициент пористости $e = 1,0$

Степень влажности $S_r = 0,90$

Относительное содержание органического вещества $I_{от} = 0,020-0,036$

Модуль деформации $E = 8-10 \text{ мПа}$

Угол внутреннего трения $\varphi = 7^\circ$

Удельное сцепление $C = 30-35 \text{ кПа}$

ИГЭ-4: Песок мелкий и средней крупности, водонасыщенный, средней плотности сложения, местами плотный:

Природная влажность $W = 0,01-0,04$

Степень влажности $S_r = 1,00$

Модуль деформации $E = 28-32 \text{ мПа}$

Угол внутреннего трения $\varphi = 30-34^\circ$

Удельное сцепление $C = 1-2 \text{ кПа}$

ИГЭ-5: Мел белого цвета, выветрелый в кровле на глубину 4–7 м до глиноподобного состояния, ниже дресвяно-щебнистый с глинистым заполнителем. В кровле мел примерно до глубины 4 м имеет текучее состояние, а ниже 4 м – текучепластичный.

Природная влажность $W = 0,35-0,37$

Влажность на границе текучести $W_m = 0,33-0,35$

Влажность на границе раскатывания $W_p = 0,23-0,25$

Число пластичности $I_p \approx 0,1$

Показатель текучести I_L (в кровле) $\geq 1,0$, ниже $I_L = 0,75-1$

Плотность $\rho = 1,75-1,85 \text{ г/см}^3$

Плотность сухого грунта $\rho_d = 1,30-1,35 \text{ г/см}^3$

Коэффициент пористости $e = 1,05$

Степень влажности $S_r = 1,0$

Относительное содержание органического вещества $I_{от} = 0,020-0,036$

Модуль деформации E (в кровле) $= 6-7 \text{ МПа}$

Модуль деформации $E = 10-12 \text{ МПа}$

Угол внутреннего трения $\varphi = 16-18^\circ$

Удельное сцепление $C = 15-18 \text{ кПа}$

Литофациальный анализ площадного и вертикального распределения ИГЭ в разрезе пойм рек Северский Донец и Везёлка показал, что ИГЭ-1 и ИГЭ-1а фациально замещают друг друга. Также фациально замещают друг друга ИГЭ-2, ИГЭ-2а, ИГЭ-2б, представленные суглинками и супесями с разными пластичными и текучими свойствами, а также разной водонасыщенностью.

Гидрогеологические условия рассматриваемой территории свидетельствуют о том, что выделяющиеся в четвертичном комплексе водоносные горизонты находятся в разных гидрогеологических зонах. В пределах Харгоры и Белгоры эти горизонты находятся в зоне аэрации, поэтому водонасыщенными становятся только в период интенсивного выпадения атмосферных осадков (весенний и осенне-зимний периоды). В поймах рек эти горизонты постоянно водонасыщены.

Гидрогеологические условия районов Белгоры и Харгоры характеризуются наличием «верховодки», встречающейся локально под техногенным грунтом и приуроченной к почвенно-растительному слою (ИГЭ-1) и верхней части аллювиальных песков, суглинков и глин (ИГЭ-2, ИГЭ-3, ИГЭ-4). Глины могут играть роль локального флюидоупора. Питание этого горизонта осуществляется за счет инфильтрации атмосферных осадков. Воды пресные, преимущественно гидрокарбонат-кальциевые.

Особое место занимают грунтовые воды типа «верховодка». Они встречаются локально под насыпным грунтом, т. е. на глубине 2,5–4,0 м, и имеют мощность 1,5–3,0 м. Водовмещающим грунтом для «верховодки» служит почвенно-растительный слой и верхняя часть аллювиальных суглинков и глин, которые служат также и водоупором.

Питание «верховодки» происходит за счет инфильтрации атмосферных осадков в грунт и утечек воды из инженерных коммуникаций. Разгрузка «верховодки» происходит в нижележащий водоносный горизонт.

Горизонт грунтовых вод в аллювиальных и меловых отложениях. Уровень грунтовых вод находится на глубине 2,0–7,0 м от дневной поверхности, что соответствует абсолютным отметкам 109,0–112,5 м. То есть отметки уровня грунтовых вод значительно ниже, чем отметки воды в реках Везёлка и Северский Донец. Водовмещающими породами для грунтовых вод служат отложения четвертичной и меловой систем (пески, суглинки и мел).

Воды гидрокарбонат-кальциевые, с минерализацией 0,1–0,9 г/л, общей жесткостью 6,0–7,7 мг/экв.

Уровень грунтовых вод в районе поймы р. Северский Донец находится на уровне дна реки. Уровень грунтовых вод в районе поймы р. Везёлка, в районе расположения корпусов Белгородского университета, находится ниже дна реки.

Причиной аномально низкого положения грунтовых вод в пределах университета является работа IV водозабора г. Белгорода, ближайшие скважины которого расположены в 200 м западнее спортивного комплекса между реками Везёлка и Гостенка, а радиус влияния депрессионной воронки водозабора составляет около 800–900 м. За пределами этого радиуса р. Везёлка выше и ниже по течению получает питание от грунтовых вод, а в пределах территории БелГУ грунтовые воды подпитываются из русла р. Везёлка.

В настоящее время русло р. Везёлка в пределах территории БелГУ периодически очищается земснарядом от донных илистых отложений и, соответственно, углубляется. Русло р. Везёлка можно углублять максимум до 3,0–3,5 м, так как при большем углублении будет полностью пройден слой глинистых отложений и загрязненная вода из реки начнет поступать в песок (или мел), коэффициент фильтрации которых на порядок выше, чем коэффициент фильтрации глинистых грунтов.

Заключение

Анализ инженерно-геологических и гидрогеологических условий четвертичного инженерно-геологического комплекса на территории г. Белгорода показал следующее:

1. При строительстве подземных сооружений в районах Харгоры и Белгоры наибольшее влияние оказывают ИГЭ-2, ИГЭ-2а, ИГЭ-2б, представленные водонасыщенными суглинками, которые относятся к специфическим грунтам с высокими просадочными свойствами. Глубина залегания этих элементов составляет от 2–4 до 10–15 м. Поэтому освоение подземного пространства возможно в пределах ИГЭ-4, обеспечивающего устойчивость сооружений и представленного песками, водонасыщенность которых существенно ниже, чем у суглинков, и является переменной, так как пески находятся в зоне аэрации.

2. При строительстве в поймах рек Северский Донец и Везёлка наибольшее влияние оказывают ИГЭ-1, ИГЭ-2, ИГЭ-3, которые по своим физико-механическим свойствам относятся к структурно-неустойчивым. Кроме того, работающие водозаборы, в частности водозабор № 4 в районе комплекса корпусов БелГУ, понижают уровень грунтовых вод в поймах, а при прекращении их работы уровень грунтовых вод поднимается примерно на 1–2 м выше, чем уровень воды в меженный период в русле реки, что может привести к подтоплению подземных сооружений и инженерных коммуникаций.

На основе анализа полученных данных рекомендуется:

1. При строительстве в районах Белгоры и Харгоры глубина заложения свай для подземных сооружений должна достигать 10–15 м с инженерной защитой от явлений, связанных с ИГЭ-1, ИГЭ-2.

2. При строительстве в поймах рек Северский Донец и Везёлка глубина заложения свай для подземных сооружений должна достигать 18–24 м с инженерной защитой от явлений, связанных с ИГЭ-1, ИГЭ-2, ИГЭ-3, и подтопления, связанного с повышением уровня грунтовых вод при остановке водозаборов.

Литература

1. Кирилов А. Н. Инженерно-геологические условия строительства в пойме реки Везелка // Материалы III Всерос. (с международным участием) науч.-практ. конф. молодых ученых «Геоэкология и рациональное природопользование: от науки к практике».

2. Кирилов А. Н., Бакарас М. В., Пастушак С. М. Оценка инженерно-геологических условий проходки щитовым методом при строительстве подземных сооружений в пойме рек Северский Донец и Везёлка в г. Белгороде // Тр. XIV Междунар. симпоз. им. акад. М. А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 65-летию Победы советского народа над фашистской Германией в Великой Отечественной войне 1941–1945 гг. «Проблемы геологии и освоения недр». Т. I.

3. Сергеев С. В., Рыбалов М. А. Инженерно-геологические условия функционирования комплекса Белгородского государственного университета // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия Естественные науки. 2010. № 3 (74), вып. 10.

4. СНиП 1.02.07.-87 «Основания зданий и сооружений».

5. СНиП 11-02-96 «Инженерные изыскания для строительства».