



CONSTRUCTION AND GEOTECHNICS

Т. 12, № 2, 2021

<http://vestnik.pstu.ru/arhit/about/inf/>



DOI: 10.15593/2224-9826/2021.2.08

УДК 624.151.5

АНАЛИЗ ПРИЧИН ПОЯВЛЕНИЯ ПОДЗЕМНОЙ И АТМОСФЕРНОЙ ВОДЫ В ПОДВАЛЬНЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ ЭКСПЛУАТИРУЕМОГО ЗДАНИЯ

А.И. Полищук¹, Д.А. Чернявский¹, В.В. Гуменюк², Г.Г. Солонов¹

¹Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина, Краснодар, Россия

²Казахская головная архитектурно-строительная академия Международной образовательной корпорации, Казахстан

О СТАТЬЕ

Получена: 10 января 2021
Принята: 31 мая 2021
Опубликована: 13 июля 2021

Ключевые слова:

здание, фундамент, подземная и атмосферная вода, инженерно-геологические условия, состояние подвала, дефекты и повреждения, оценка технического состояния строительных конструкций и грунтов основания.

АННОТАЦИЯ

Рассматриваются основные причины появления подземной и атмосферной воды в подвальных помещениях здания школы, которое эксплуатируется более трех лет с момента ввода его в эксплуатацию. Здание трехэтажное, кирпичное, с подвалом и чердачной крышей. Фундамент здания выполнен в виде двух монолитных железобетонных плит, устроенных на разных отметках (по высоте) и разделенных между собой деформационным швом. Данные геодезической съемки свидетельствуют, что место посадки здания расположено в наиболее низкой части дворовой территории. Анализируются инженерно-геологическое строение и гидрогеологические особенности площадки строительства, а также состояние рельефа и конструктивные решения сооружений дворовой территории. Приводятся результаты обследования строительных конструкций, наблюдений за положением уровня подземных вод в основании здания и атмосферных вод на дворовой территории. На основании результатов обследования, оценки грунтовых условий строительства, наблюдений за гидрогеологическим режимом в основании установлены основные причины появления подземной и атмосферной воды в подвале эксплуатируемого здания.

© ПНИПУ

© Полищук Анатолий Иванович – доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой, e-mail: ofpai@mail.ru.
Чернявский Денис Алексеевич – кандидат технических наук, старший преподаватель, e-mail: asp93@mail.ru.
Гуменюк Валерия Владимировна – кандидат технических наук, докторант, e-mail: v. gumenyuk@kazgasa.kz.
Солонов Геннадий Геннадьевич – магистрант, e-mail: t_i_@mail.ru.

Anatoly I. Polishchuk – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of Department, e-mail: ofpai@mail.ru.
Denis A. Chernyavskii – Ph.D. in Technical Sciences, Senior Lecturer, e-mail: asp93@mail.ru.
Valeriia V. Gumenyuk – Ph.D. in Technical Sciences, Doctoral Candidate, e-mail: v. gumenyuk@kazgasa.kz.
Gennadii G. Solonov – Master Student, e-mail: t_i_@mail.ru.

ANALYSIS OF CAUSES OF UNDERGROUND AND ATMOSPHERIC WATER IN BASEMENTS OF THE BUILDING IN OPERATION

A.I. Polishchuk¹, D.A. Chernyavskii¹, V.V. Gumenyuk², G.G. Solonov¹

¹Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russian Federation

²Kazakh Leading Academy of Architecture and Construction, International Education Corporation, Kazakhstan

ARTICLE INFO

Received: 10 January 2021

Accepted: 31 May 2021

Published: 13 July 2021

Keywords:

building, foundation, underground and atmospheric water, engineering and geological conditions, basement condition, defects and damages, assessment of technical condition of building structures and foundation soils.

ABSTRACT

The main reasons for the appearance of underground and atmospheric water in the basements of the school building, which has been in operation for more than two years since its commissioning, are considered. The building is three-story, brick, with a basement and attic roof. The building foundation is made in the form of two monolithic reinforced concrete slabs arranged at different elevations (in height) and separated by a deformation joint. Geodetic survey data indicate that the site of the building is located in the lowest part of the courtyard. The engineering and geological structure and hydrogeological features of the construction site, as well as the state of the relief and structural solutions of the yard structures are analyzed. The results of the survey of building structures, observations of the position of the ground water level at the base of the building and atmospheric waters on the courtyard territory are given. Based on the results of the survey, assessment of the ground conditions of construction, observations of the hydrogeological regime, the main reasons for the appearance of underground and atmospheric water in the basement of the operated building were established in the base.

© PNRPU

Общие сведения

Рассматриваемый объект – эксплуатируемое здание школы. Исходный материал для написания статьи получен по результатам обследования дворовой территории и строительных конструкций подвальной части здания, оценки грунтовых условий строительства, наблюдений за изменениями уровня подземных вод в основании и направлений перемещений атмосферной воды на поверхности земли, анализа и обобщения полученных данных. Необходимость подготовки статьи обусловлена выяснением причин периодического появления воды в подвале здания, которая покрывала пол в помещениях на высоту от 1 до 10 см. Вода стала поступать в подвальные помещения здания примерно через два месяца после ввода его в эксплуатацию (2018 г.).

Здание школы трехэтажное, кирпичное, с подвалом и чердачной крышей, размером в плане 102,2×20,2 м (близкой к прямоугольной). По конструктивной схеме здание является каркасным, с заполнением межкаркасного пространства блоками из легкого бетона, облицованными снаружи красным (частично желтым) керамическим кирпичом. Фундамент здания выполнен в виде двух монолитных железобетонных плит толщиной 700 мм, которые устроены на двух разных отметках с перепадом 700 мм. Место примыкания фундаментных плит разделено деформационным швом (оси 8–9) [1, 10, 15]. По периметру наружных стен здания устроены прямки глубиной 600–700 мм от поверхности тротуара (рис. 1). Основное назначение прямков – обеспечить поступление света и атмосферного воздуха в помещения подвала здания.



Рис. 1. Общий вид эксплуатируемого здания школы и прилегающей к нему дворовой территории

Fig. 1. General view of the maintained school building and the surrounding courtyard area

Оценка грунтовых условий строительства

Из архивных материалов по грунтовым условиям строительства (ООО «РосСтрой-Изыскания», 2017 г.) выявлено, что место посадки здания школы расположено в наиболее низкой части дворовой территории. В пределах глубины до 20 м от поверхности залегают насыпные грунты (до глубины 0,4–0,5 м), представленные суглинком темно-серым с включениями строительного и бытового мусора. Затем, до глубины 3,0–3,6 м от поверхности, залегают суглинки бурый, желто-бурый, слабогумусированный, твердый с включениями карбонатов. Далее находится слой суглинка коричневатого цвета, твердого до глубины 5,2–5,3 м и тугопластичного ниже по разрезу, который в целом залегают до глубины 7,3–8,1 м. Ниже подстилается суглинок коричневатого цвета, тугопластичный с включением гравия и других пород до 45–50 %. Этот слой суглинка коричневатого цвета вскрыт до глубины 10–20 м. Подземные воды при изысканиях (октябрь 2016 г.) были вскрыты на глубине 3,6–3,7 м от поверхности. В предоставленных материалах при этом отмечено, что в течение года отметка уровня подземных вод меняет свое положение (поднимается и понижается). Такое изменение носит сезонный характер и находится в прямой зависимости от количества выпадающих осадков. Максимальный подъем уровня подземных вод был зафиксирован на глубине 2,6–2,7 м от поверхности основания, что соответствует примерно отметке пола подвала здания школы.

Анализируя имеющиеся материалы, можно отметить, что инженерно-геологические условия строительства характеризуются как сложные [8, 16]. Рассматриваемая площадка относится ко второй (средней) категории сложности (СП 47. 13330.2012, прил. А) [9, 13, 14]. Ее поверхность на месте посадки здания слабонаклонная. Основание площадки на глубину до 10 м представлено преимущественно глинистыми грунтами различного состояния. Несущим слоем фундаментов являются суглинки тяжелые, преимущественно тугопластичные, что соответствует нормальным условиям для эксплуатации здания. Но грунты в основании здания (согласно материалам изысканий [2, 15]) относятся к потенциально под-

Данные о подземной и атмосферной воде на площадке дворовой территории

Для уточнения положения уровня подземных вод (УПВ) на дворовой территории здания школы было устроено 7 наблюдательных скважин (шпуров) СН 1...СН 7 [15]. Скважины (шпур) устраивались так, чтобы их нижний конец доходил до отметки уровня подземных вод. Глубина скважин при этом составляла 3,5–4,0 м от поверхности земли. Одна скважина (СН 2) была устроена на глубину 1,6 м в непосредственной близости от наружной стены здания (расстояние 400 мм). Ее нижний конец соответствовал отметке верха монолитной железобетонной плиты фундамента, которая выступала на 1,0 м от наружной стены здания. Диаметр наблюдательных скважин составлял 130 мм. Для предотвращения обрушения стенок скважин и попадания в них строительного мусора в скважины погружались пластиковые перфорированные трубы диаметром 60 мм. Перфорация труб выполнялась в виде отверстий на их боковой поверхности диаметром 5–6 мм; расстояние между отверстиями принималось в пределах 150–200 мм (рис. 3).

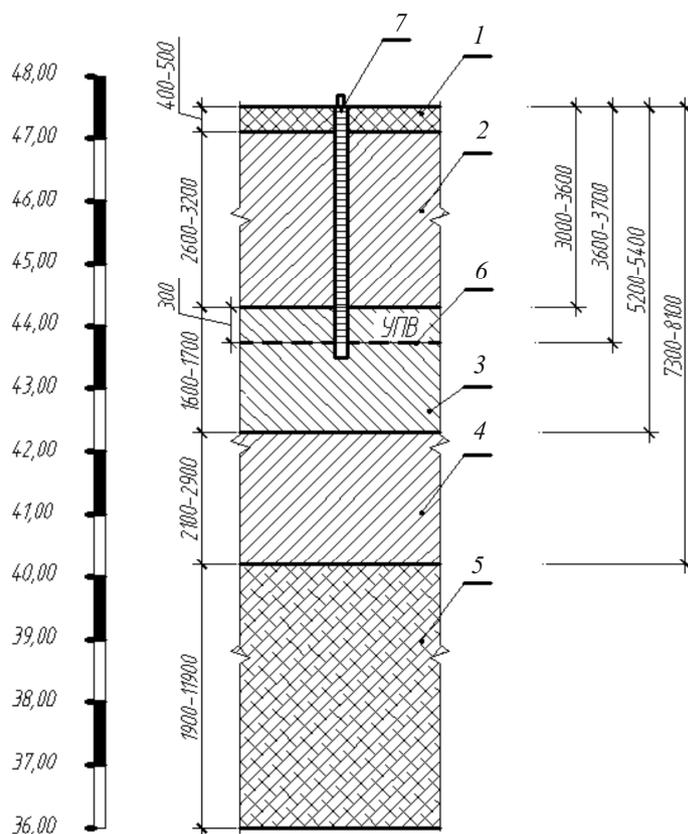


Рис. 3. Схема продольного разреза наблюдательной скважины и ее посадки в грунт основания на территории здания школы: 1 – насыпной грунт; 2 – суглинки тяжелые, твердые; 3 – суглинки тяжелые, твердые и тугопластичные; 4 – суглинки тяжелые, тугопластичные, 5 – суглинки гравелистые, тугопластичные, 6 – уровень подземных вод, 7 – наблюдательная скважина

Fig. 3. Schematic of the longitudinal section of the observation well and its planting into the basement of the school building: 1 – bulk soil; 2 – heavy, hard loam; 3 – heavy, hard and rigid loam; 4 – heavy, rigid loam; 5 – gravelly, rigid loam; 6 – groundwater table; 7 – observation well

Контроль положения уровня подземных вод выполнялся еженедельно (1–2 раза в неделю). Было выявлено, что подземная вода находится на глубине порядка 3,6–3,7 м от уровня отметки планировки дворовой территории (ноябрь–декабрь 2019 г.). При этом также было установлено, что на отметке фундаментной плиты, выступающей за контур здания, имеется атмосферная (поверхностная) вода, покрывающая поверхность фундамента на высоту порядка 80–100 мм. Это свидетельствует о ее накоплении в застенном пространстве вокруг подвальной части здания. Накопление атмосферной воды вокруг здания происходит за счет уклона поверхности дворовой территории.

Визуальное обследование отмостки по периметру здания показало, что она устроена из тротуарной плитки, которая изготовлена из цементно-песчаных брусков (разного цвета) по специальной технологии. Тротуарная плитка смонтирована по слою песчаной (частично цементно-песчаной) подготовки (из песка средней крупности и мелкого), толщина которого составляет 100–150 мм. Ниже рассматриваемого слоя устроен еще один слой песка мелкого с включением строительного мусора. Можно полагать, что отмостка в настоящее время полностью не выполняет свою функцию, так как практически беспрепятственно фильтрует атмосферную воду в основание фундаментов здания школы.

Данные о строительных конструкциях подвала

Обследованием установлено, что каркас здания школы устроен из монолитных железобетонных колонн и ригелей. Перекрытие над подвалом здания также монолитное, железобетонное, устроенное поверх ригелей. Ограждающие конструкции подвала – монолитные железобетонные стены толщиной 200 мм. Фундаменты здания мелкого заложения в виде двух монолитных железобетонных плит толщиной 700 мм, устроенных на различных отметках с перепадом высот 700 мм [3, 4, 11]. На участке примыкания фундаментных плит устроен деформационный шов (оси 8–9) по всей высоте здания. Полы в помещениях подвала выполнены бетонными.

При обследовании подвальной части здания были выявлены участки со следами замачивания мест стыка (сопряжения) строительных конструкций. Такие участки были обнаружены в местах примыкания наружных подвальных стен здания с полом подвальных помещений (оси А, Е, 17 и др.). Причина их замачивания обусловлена действием капиллярного давления подземной воды, которая накапливается в основании фундаментов здания. За счет капиллярного давления подземная вода фильтруется в местах сопряжения бетонных (железобетонных) строительных конструкций и проникает в подвальные помещения здания. Проникновению подземной воды способствует также некачественно выполненная гидроизоляция подвальных стен здания [7, 9, 12, 17].

Для периодической оценки объема поступающей подземной воды в помещения подвала в его наружных стенах были устроены сквозные наблюдательные отверстия (рис. 4). Всего было устроено пять контролируемых участков с отверстиями. На каждом участке пробуривалось по шесть наблюдательных отверстий диаметром 30 мм, которые были расположены на одной вертикальной оси с шагом 200 мм. Для анализа и обобщения полученных данных по результатам мониторинга составлялся журнал наблюдений, данные которого помогали оценить положение и уровень подземной воды в застенном пространстве подвала здания (рис. 5). По результатам проведенных наблюдений выявлено, что одной из основных причиной появления подземной воды в подвальных помещениях здания является отсутствие дренажа вокруг здания и некачественно выполненные работы по гидроизоляции подвальных участков наружных стен.

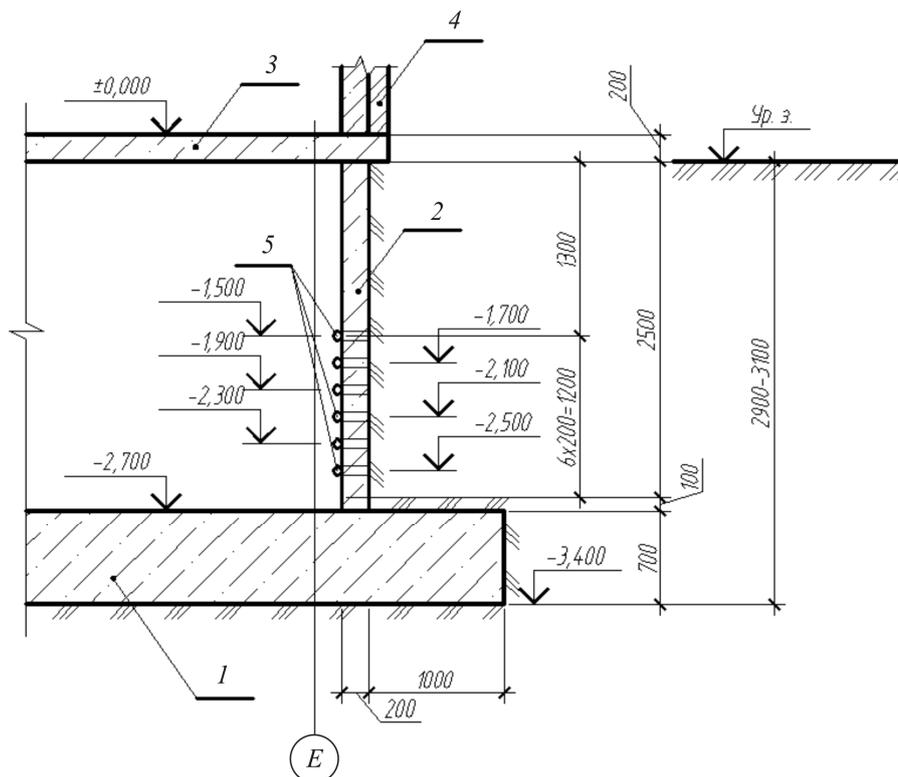


Рис. 4. Схема устройства наблюдательных отверстий для оценки поступления подземной воды в подвальные помещения здания: 1 – фундаментная плита; 2 – наружная стена подвальной части здания; 3 – плита перекрытия подвала, отм. $\pm 0,000$; 4 – наружная стена первого этажа; 5 – наблюдательные отверстия

Fig. 4. Schematic of observation openings to assess groundwater ingress into the building basement: 1 – Foundation slab; 2 – Exterior wall of the building basement; 3 – Basement floor slab, elevation ± 0.000 ; 4 – Exterior wall of the ground floor; 5 – Observation openings



Рис. 5. Общий вид наблюдательных отверстий в наружной стене здания по оси Ж (между рядами 2–3) на контролируемом участке 4
 Fig. 5. General view of the observation holes in the outer wall of the building along the G-axis (between rows 2–3) in supervised area 4

По результатам обследования подвальной части здания школы было выявлено его техническое состояние, которое оценивается в настоящее время как ограниченно работоспособное [5, 7]. Установленные дефекты и повреждения строительных конструкций подвальной части здания, включая грунты основания (периодическое замачивание пола подвала, стен, колонн, некачественные стыки монолитных железобетонных стен и перекрытий, некачественно устроенная гидроизоляция и др.), существенно снижают их несущую способность. Однако в настоящее время при действующих нагрузках пока отсутствует реальная возможность разрушения здания [10, 14]. Для повышения эксплуатационной надежности здания школы и продления срока его службы необходимо в ближайшее время выполнить мероприятия по отводу подземной воды от здания и защите подземных строительных конструкций (стен, фундаментов, приямков и др.) от замачивания.

Основные причины появления атмосферной и подземной воды в подвале здания

Появление атмосферной и подземной воды в подвальных помещениях здания школы связано со следующими обстоятельствами:

1. Посадка здания школы запроектирована в наиболее низком месте дворовой территории. Было установлено, что дворовая территория школы (площадь 2,4 га) имеет уклон порядка 1,5 % от своих границ к зданию (разница в отметках 0,7–1,0 м). Это способствует накоплению атмосферной поверхностной воды на участке расположения здания и ее фильтрации в основание.

2. Отмостка вокруг здания школы практически не выполняет свою основную функцию по защите грунтов основания и фундаментов здания от замачивания. Причина этого – отсутствие конструктивных решений у отмостки, препятствующих попаданию атмосферной воды в грунт обратной засыпки (пазух фундаментов), основание здания и помещения подвала.

3. Наличие дефектов бетонных (железобетонных) строительных конструкций на участках стыка наружных стен и фундаментных плит, которые способствуют проникновению воды (подземной, атмосферной) в помещения подвала здания.

4. Отсутствие дренажа вокруг здания школы и некачественно выполненные работы по гидроизоляции подвальных стен здания.

Таким образом, на основании результатов обследования дворовой территории и подвальной части школы, оценки грунтовых условий строительства, наблюдений за гидрогеологическим режимом в основании установлены главные причины появления атмосферной и подземной воды в подвальных помещениях эксплуатируемого здания.

Основные выводы

1. Установлено, что рассматриваемое здание школы трехэтажное, кирпичное, сложной формы в плане (близкой к прямоугольной), с подвальным этажом и чердачной крышей. По габаритным осям размеры здания 102,2×20,2 м. По конструктивной схеме – является каркасным с заполнением ограждающих стен блоками из легкого бетона, облицованными керамическим кирпичом. Фундаменты здания плитные из двух монолитных железобетонных плит, устроенных на различных отметках. Здание введено в эксплуатацию в 2018 г. и в настоящее время эксплуатируется в условиях периодического замачивания водой подвальных помещений.

2. Из архивных материалов выявлено, что инженерно-геологические условия рассматриваемой площадки характеризуются как сложные и относятся ко второй (средней) категории сложности (по СП 47.13330.2012). Основание рассматриваемого здания школы сложено глинистыми грунтами на глубину более 10 м. Несущим слоем фундаментов являются суглинки тяжелые, преимущественно тугопластичные (ИГЭ 2) и вполне могут выполнять роль несущего элемента. Установлено, что уровень подземной воды находится на глубине 3,6–3,7 м от поверхности земли (у здания) и за счет ее капиллярного поднятия, инфильтрации атмосферных осадков может подниматься до отметки 2,4–2,5 м, что соответствует примерно отметке пола подвала. Согласно архивным данным рассматриваемая площадка относится к потенциально подтопляемым.

3. Установлено, что основной причиной появления подземной и атмосферной воды в подвальных помещениях является ее фильтрация через наружные стены и отверстия (прямки) в бетонном полу здания. Накопление подземной воды в пазухе стен (в грунте обратной засыпки) и основании фундамента обусловлено строительством здания школы на низком участке дворовой территории, поверхность которой имеет уклон к месту посадки здания. Накоплению подземной воды способствует также устройство водопроницаемой отмостки по периметру здания, которая фильтрует ее в основание.

4. Выявлено, что техническое состояние подвальной части здания школы в настоящее время оценивается как ограниченно работоспособное (по ГОСТ 31937.2011). Установленные дефекты и повреждения строительных конструкций подвальной части здания, включая грунты основания, существенно снижают их несущую способность. Однако в настоящее время при действующих нагрузках пока отсутствует реальная возможность разрушения здания. Для повышения эксплуатационной надежности здания школы и продления срока его службы необходимо в ближайшее время разработать проект и выполнить мероприятия по отводу подземной воды от здания и защиты подземных строительных конструкций (стен, фундаментов, прямков и др.) от замачивания.

Библиографический список

1. Отдельные чертежи марки КР, КЖ, ГЧ по объекту: «Реконструкция МБОУ СОШ № 43 по адресу Северской район, ст. Северская, ул. Ленина 120, с увеличением вместимости и выделением блока начального образования на 400 мест». – Краснодар: ИП Галстян (шифр 16035-1-КР.КЖ.ГЧ), 2017.

2. Заключение по инженерно-геологическим изысканиям: «Реконструкция МБОУ СОШ № 43 по адресу Северской район, ст. Северская, ул. Ленина 120, с увеличением вместимости и выделением блока начального образования на 400 мест». – Краснодар: ООО «РосСтройИзыскания» (шифр 61-10/2016ИИ, 61-10/2016ИИ-СМР), 2017.

3. Полищук А.И. Основания, фундаменты и подземные сооружения: учебник. – 2-е изд., доп. – М.: Изд-во АСВ, 2020. – 498 с.

4. Полищук А.И. Основы проектирования и устройства фундаментов реконструируемых зданий и сооружений. – 3-е изд. доп. – Нордхэмптон: STT; Томск: STT, 2007. – 476 с.

5. СП 13-102–2003. Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений. – М.: Госстрой России, ГУП ЦПП, 2003. – 27 с.

6. ГОСТ 26433.2–89. Система обеспечения точности геометрических параметров в строительстве. Правила выполнения измерений параметров зданий и сооружений. – М.: Стандартиформ, 1989. – 27 с.

7. ГОСТ 31937–2011. Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния. – М.: ГУП МНИИТЭП, 2011. – 95 с.
8. Полищук А.И. Анализ грунтовых условий строительства при проектировании фундаментов зданий: Научно-практическое пособие. – М.: Изд-во АСВ, 2016. – 104 с.
9. Справочник геотехника. Основания, фундаменты и подземные сооружения / под ред. В.А. Ильичева и Р.А. Мангушева. Глава 16. Усиление оснований и фундаментов зданий и сооружений / А.И. Полищук, А.А. Лобанов, А.А. Тарасов. – М.: Изд-во АСВ, 2014. – С. 627–665.
10. СП 14.13330.2014. Строительство в сейсмических районах. Актуализированная редакция СНиП II-7–81*. – М.: Минстрой, 2015. 55 с.
11. Пособие по обследованию строительных конструкций зданий. АО «ЦНИИПРОМ-ЗДАНИЙ». – М.: 2004. – 154 с.
12. СП 22.13330.2016. Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01–83*. – М.: Минстрой России, 2016. – 213 с.
13. СП 47.13330.2012. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 11.02.96. – М., 2012. – 117 с.
14. ГОСТ 25100.2011. Грунты. Классификация. – М., 2012. – 67 с.
15. Заключение по теме: «Результаты обследования строительных конструкций цокольной части здания для выяснения причин появления воды в подвальных помещениях / А.И. Полищук, Д.А. Чернявский, Г.Г. Солонов [и др.]. – Краснодар: АСП-Проект, 2020. – 73 с.
16. Мангушев Р.А., Осокин А.И., Сотников С.Н. Геотехника Санкт-Петербурга. Опыт строительства на слабых грунтах: монография. – М.: Изд-во АСВ, 2018. 386 с.
17. Пономарев А.Б., Винников Ю.Л. Подземное строительство. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2014. – 262 с.

References

1. Separate drawings of KR, KZh, GCh for the facility: "Reconstruction of SOSH No. 43 at Severskaya district, Severskaya, Lenina str. 120, with increase of capacity and allocation of primary education block for 400 places". Krasnodar, IE Galstyan (code16035-1), 2017.
2. Conclusion on engineering and geological surveys: "Reconstruction of SOSH No. 43 at the address Severskaya district, Severskaya village, 120 Lenina street, with an increase in capacity and allocation of primary education block for 400 places". Krasnodar, RosStroyIzyskania LLC (code number 61-10/2016ИИИ, 61-10/2016ИИ-СМР), 2017.
3. Polishchuk A.I. Bases, foundations and underground structures. 2nd ed. Moscow, Publishing house ASV, 2020, 498 p.
4. Polishchuk A.I. Fundamentals of design and arrangement of foundations of re-constructed buildings and structures. 3rd ed. Northampton, STT; Tomsk, STT, 2007, 476 p.
5. STP 13-102-2003. The Rules of the survey of the bearing building structures of the buildings and constructions. Moscow, Gosstroj Rossii, State, 2003, 27 p.
6. GOST 26433.2-89. System of maintenance of accuracy of geometrical parameters in building constructions. Rules for realization of measuring of parameters of buildings and constructions. Moscow, Standardinform, 1989, 27 p.
7. GOST 31937-2011. Buildings and structures. Rules for inspection and monitoring of technical conditions. Moscow, GUP MNIITEP, 2011, 95 p.

8. Polishchuk A.I. Analysis of soil conditions of construction in the design of foundations of buildings: A scientific and practical guide. Moscow, Publishing house ASV, 2016, 104 p.
9. Handbook of geotechnicians. Bases, foundations and underground structures. Eds. V.A. Ilyichev, R.A. Mangushev. Chapter 16. Polishchuk A.I., Lobanov A.A., Tarasov A.A. Strengthening of bases and foundations of buildings and structures. Moscow, Publishing house ASV, 2014, pp. 627-665.
10. SP 14.13330. 2014. Construction in seismic areas. Moscow, Ministry of Construction, 2015, 55 p.
11. Manual for inspection of building structures of buildings. Moscow, ZNIIPROMZDANI, 2004, 154 p.
12. SP 22.13330. 2016. Bases of buildings and structures. Moscow, Ministry of Construction, 2016, 213 p.
13. SP 47.13330. 2012. Engineering surveys for construction. Basic provisions. Moscow, 2012, 117 p.
14. GOST 25100.2011. Soils. Classification. Moscow, 2012, 67 p.
15. Polishchuk A.I., Chernyavskiy D.A., Solonov G.G. et al. Conclusion on "The results of the survey of the building structures of the basement to find out the causes of water in the basement. Krasnodar, ASP Project, 2020, 73 p.
16. Mangushev R.A., Osokin A.I., Sotnikov S.N. Geotechnical engineering of Saint Petersburg. Construction experience on weak soils. Moscow, Publishing house ASV, 2018, 386 p.
17. Ponomarev A.B., Vinnikov Y.L. Underground construction. Perm, Perm National Research Polytechnic University, 2014, 262 p.