

АНАЛИЗ РОЛИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ И МЕТОДОВ ТЕХНИЧЕСКОЙ МЕЛИОРАЦИИ МАССИВОВ ГРУНТОВ В БЕЗОПАСНОМ ФУНКЦИОНИРОВАНИИ СООРУЖЕНИЙ ГОРОДА СТАВРОПОЛЯ

ТРОФИМОВ В.Т.

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия, trofimov@rector.msu.ru

ANALYSIS OF THE ROLE OF ENGINEERING-GEOLOGICAL CONDITIONS AND METHODS OF TECHNICAL IMPROVEMENT OF SOIL MASSIFS IN THE SAFE OPERATION OF THE FACILITIES IN THE CITY OF STAVROPOL

TROFIMOV V.T.

Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia, trofimov@rector.msu.ru



В 2017 году профессором Б.Ф. Галаем с соавторами¹ была опубликована монография «Ставрополь: геология и город», посвященная 240-летию одного из самых благоустроенных городов Российской Федерации. В ней

приведена инженерно-геологическая характеристика территории города, описано влияние разных типов грунтов, опасных геологических процессов и сейсмичности на градостроительство; большое внимание уделено рассмотрению аварий и проблем строительства зданий и сооружений в сложных условиях, рекомендациям по подготовке оснований при строительстве на специфических грунтах.

Авторы справедливо подчеркивают, что в «инженерно-геологическом отношении г. Ставрополь значительно отличается от других (предгорных и степных) городов Северного Кавказа разнообразием грунтовых условий. Здесь на небольшой территории можно встретить самые контрастные по свойствам грунты — оползневые глины, просадочные лессы, рыхлые пылеватые просадочные пески, крепкие известняки-ракушечники и цементированные песчаники, участки с засоленной агрессивной грунтовой водой и отдельные, пока еще чистые, источники с пресной родниковой водой» (с. 8).

Текст монографии включает введение, пять глав², заключение и список литературы (151 работа). В главах последовательно рассмотрены геолого-географическая характеристика территории г. Ставрополя (глава 1), гидрогеологические условия. Подтопление и родники г. Ставрополя (глава 2), специфические грунты и связанные с ними опасные геологические процессы на территории г. Ставрополя (глава 3), проблемы нового строительства и восстановления аварийно-деформированных зданий и сооружений в г. Ставрополе (глава 4), рекомендации по инженерным изысканиям, проектированию, строительству и эксплуатации зданий и сооружений на специфических грунтах в г. Ставрополе (глава 5)³. Названия всех глав четко отражают их содержание. Они написаны высокопрофессиональным языком на основе обобщения огромного фактического материала. Текст работы проиллюстрирован большим количеством карт, схем, разрезов и рисунков (нумерация по главам), большая часть которых — цветные фотографии описываемых объектов.

В главе 1 авторы приводят исторические данные о становлении города и показывают, что «В настоящее время

¹ Б.Ф. Галай, Б.Б. Галай, О.Б. Галай, 2017. Ставрополь: геология и город. Ставрополь: ФГБОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет», Ставрополь-сервисшкола. 328 с.

² Слово «глава» авторы не использовали, а подобные им разделы просто обозначили цифрами.

³ Ряд глав составлен при участии Л.В. Бабаевской, М.В. Галай, В.С. Плахтюковой и В.С. Сербина.

ния специфических грунтов (форштадских песков, лесовых грунтов, сильноувлажненных глин, антропогенных грунтов), выполненные Л.В. Бабаевской под руководством Б.Ф. Галая показали, что на 95% территории города она (потенциальная сейсмичность) оценена в 8 баллов, на 5% — в 7 баллов.

При оценке гидрогеологических особенностей как фактора инженерно-геологических условий (глава 2) авторы кратко охарактеризовали семь водоносных горизонтов, подтопление массивов грунтов территории г. Ставрополя и родники, действующие в его пределах. Остановлюсь далее на данных по двум последним позициям.

Авторы показали, что в «настоящее время подтоплено около 30% территории Ставрополя. Массивы и участки, где грунтовые воды находятся на глубине менее 3 м, расположены, в основном, в восточной части города, имеющей старые водопроводные и канализационные сети⁴, слабопроницаемые грунты и близкое залегание водопора. Процесс развивается и в западных районах, где подтоплены сооружения, заглубленные до 5 м. Наличие глин с низким коэффициентом фильтрации далее при незначительной утечке из водонесущих коммуникаций вызывает быстрый подъем уровня грунтовых вод⁵.

В центральной (исторической) части Ставрополя грунтовые воды почти повсеместно находятся на глубине менее 5 м.

В северо-западной части Ставрополя и на территории городского кладбища грунтовые воды часто находятся на глубине менее 2 м...

Наиболее благополучной, с точки зрения опасности подтопления, является территория, где отмечается выход на поверхность мощной толщи форштадтских песков. Являясь мощными естественными коллекторами и обладая сравнительно хорошей проницаемостью (K_{ϕ} более 1,0 м/сутки), эти отложения способствуют естественной защите территории от подтопления. Но и здесь, если инфильтрационная нагрузка (количество поступающей инфильтрационной воды на единицу площади) превышает естественную дренарованность, наблюдается подъем УГВ. Это подтвердилось наблюдениями на территории завода химреактивов и люминофоров, где за период эксплуатации завода уровень грунтовых вод поднялся с глубины 15,0 до 4,0 м.

Подтопление ведет к развитию оползней, повышению сейсмичности на 1 балл, набуханию, суффозии, просадке грунтов, вызывая деформации зданий и сооружений, снижение прочности грунтов и несущей способности оснований. Подтопление ведет также к засолению почв, что вызывает массовую гибель зеленых насаждений (район Михайловского шоссе)» (с. 58).

Характеристика родников проведена авторами в семи аспектах: 1) источник водоснабжения в истории города; 2) индикатор загрязнения грунтовых массивов; 3) фактор развития опасных геологических процессов; 4) ландшафтообразующий фактор; 8) элемент туристско-рекреационных зон; 6) памятник истории и 7) резервный источник воды.

Одной из самых объемных (с. 71–142) и интересных по характеру приводимого материала является глава 3. В ней описываются грунты, названные авторами специфическими, и связанные с ними современные геологиче-

ские природные и антропогеннообусловленные процессы, развитые на территории Ставрополя. Среди первых — специфических грунтов — описаны неогеновые глины, форштадская толща песков, четвертичные лессовые грунты и современные техногенные грунты, а среди процессов — усадка и набухание глинистых грунтов, оползни и провалы на территории города.

Охарактеризованы неогеновые **глины** майкопские, чокрак-караганские и синдесмиевые, мамыские мергелистые криптомактровые и опесчаненные ясеновские. Эти глинистые грунты склонны к набуханию при их увлажнении и усадке при высыхании. Преимущественное развитие набухающие грунты имеют в нижней части города, в области распространения криптомактровых и синдесмиевых глин и их дериватов (элювий, делювий, оползневые накопления). Менее набухающими являются ясеновские опесчаненные глины. Свободное относительное набухание глин достигает 10–25%, а давление набухания 0,2–0,5 МПа. Показано, что процесс набухания и особенно обратный ему процесс усадки в Ставрополе недооценивается и не принимается во внимание, несмотря на многочисленные деформации малоэтажных жилых домов, общественных и промышленных зданий, фундаменты которых имеют неглубокое заложение (до 1–2 м от поверхности земли).

Оба процесса (замачивание и высыхание грунта) приводят к осадке нагруженных фундаментов, что недооценивают местные изыскатели, проектировщики и строители. С набуханием и усадкой глинистых грунтов связаны многочисленные трещины на асфальтовых покрытиях улиц.

К массивам, в разрезе которых присутствуют глинистые грунты, приурочены оползневые процессы. Авторы в монографии написали, что оползни «являются наиболее опасным геологическим явлением на территории Ставрополя и его окрестностей, а краевой центр можно уверенно назвать оползневой «столицей» Северо-Кавказского региона. В нашей стране, по-видимому, нет другого города, где оползни одновременно угрожают жилым домам, гражданским и промышленным зданиям, единственной железнодорожной линии Ставрополь-Кавказская, главной федеральной автодороге на г. Невинномысск, единственному источнику водоснабжения — Сенгилеевскому водопроводу, магистральным газопроводам и ЛЭП. По масштабам проявления и активности современных оползней Ставрополь относится к одному из самых неблагоприятных городов России.

Из-за оползней Ставрополь был и остается железнодорожным тупиком. В 1897 году была открыта ветка Кавказская-Ставрополь... Дорога действовала до 1922 года, пока ее не разрушили оползни. В настоящее время от железной дороги на Армавир остались так называемые «немецкие» мосты (рис. 3.3). При современных технических возможностях эту дорогу можно восстановить» (с. 77).

В книге подробно охарактеризованы причины и факторы развития оползневых процессов, морфология оползней Сенгилеевского, Ташлянского, Мутнянского, Мамайского и Члинского оползневых районов. Описание сопровождается серией фотографий деформированных и разрушенных инженерных сооружений.

⁴ Потери из водонесущих коммуникаций составляют в городе 6 млн м³ (17% от потребляемой воды).

⁵ Наиболее подвержены подтоплению площади, где наблюдаются выходы синдесмиевых и криптомактровых неогеновых глин сарматского яруса.

Большое внимание авторы уделили характеристике неогеновых (сарматских) **форштадских песков**, которые занимают около 50% территории Ставрополя, распространены в центральной, западной, юго-западной и северо-западной его частях. Здесь они выходят на поверхность, вскрываются в котлованах и служат основанием для многих зданий и сооружений краевого центра. По мнению авторов, эта толща является «уникальным геологическим образованием, повлиявшим на возникновение и развитие г. Ставрополя. Эта толща во все времена аккумулировала атмосферные осадки и затем дала жизнь практически всем родникам и жителям Ставрополя с начала его существования» (с. 91).

«Форштадтская толща мощностью до 30–35 м представлена пылеватыми и мелкозернистыми кварцевыми песками с прослоями и линзами глин, песчаников и известняков. По составу в пределах горизонта можно выделить условно два подгоризонта: верхний, переходящий к холоднородниковскому горизонту, характеризуется мелкими песками общей мощностью 5–7 м (по другим данным, до 20–25 м), с прослоями известняков; нижний подгоризонт, мощностью 10 м, характеризуется постепенным увеличением глинистых прослоев (толщиной 1–5 мм) к его низу» (с. 31).

«На форштадтском песке ведется массовое строительство 5–16-этажных и даже более высоких жилых домов, в которых проживает половина населения краевого центра, были построены крупнейшие заводы государственного значения...

Десятки зданий, построенных на форштадтских песках, имеют трещины, ширина которых в некоторых зданиях (детская больница, общежитие строителей) достигает 80–100 мм. Многие жилые дома и общественные здания стянуты металлическими тязами (лицей № 14, детская больница, общежитие строителей и др.).

Несмотря на массовый характер деформаций зданий, построенных на форштадтских песках, местные изыскатели и проектировщики считают их вполне надежными грунтами и не проектируют каких-либо противодеформационных мероприятий, а многочисленные деформации зданий объясняют низким качеством строительных работ. Изыскатели при стандартных испытаниях форштадтских песков не обнаруживают у них каких-либо аномальных, в том числе просадочных, свойств. До недавнего времени этот опасный вид грунта в инженерно-геологическом отношении оставался слабоизученным» (с. 91).

В монографии в связи с этим авторами приводятся обобщенные данные о химико-минеральном и гранулометрическом составе песков, их физических характеристиках, физико-механических свойствах, включая просадочность песков. Особо рассмотрены вопросы статического и динамического зондирования толщ песков, вопросы их разжижения и пльвунности.

С толщей форштадтских песков связано еще одно негативное явление — формирование провалов на территории города, в частности, в пределах автодорог, что надолго нарушают движение городского транспорта. В провалы-пустоты после дождей устремляются ливневые воды, которые угрожают не только коммуникациям города, но и построенным зданиям. Авторы рассмотрели причины провалообразования, проиллюстрировали его результаты фотографиями, схемой и историческим документом.

Третий тип грунтов, описанных в главе 3 — **лессовые грунты** (с. 127–140). Они являются покровным рельефо-

образующими верхнечетвертичными отложениями, генезис которых в публикациях и на картах обычно признается делювиальным и эолово-делювиальным. Авторы монографии высказывают иную точку зрения:

«1. Так называемые «делювиальные» и «эолово-делювиальные» суглинки, занимающие 80% площади Ставрополя, представляют собой единый комплекс верхнечетвертичных (позднеплейстоценовых) отложений, сформировавшихся из эоловой пыли, принесенной восточными ветрами в холодных и сухих перигляциальных условиях, не имеющих достойных аналогов среди современных ландшафтов...

3. В современных, теплых и влажных условиях суглинки, после естественного и тотального техногенного обводнения, практически утратили первичную просадочность II типа и реликтовую засоленность. Они сохранили высокую пористость и превратились в слабые водонасыщенные пльвунные сильно сжимаемые грунты, создающие те же проблемы, что и пылеватые пески сармата.

В естественном маловлажном состоянии лессовидные суглинки имеют удельное сопротивление пенетрации $\rho_n > 2$ кгс/см², т.е. относятся к очень прочным грунтам. Замачивание этих грунтов переводит их в разряд среднепрочных ($\rho_n = 1–2$ кгс/см²) и слабых ($\rho_n = 0,5–1,0$ кгс/см²) грунтов.

Но еще больше снижается прочность водонасыщенных лессовидных суглинков после разрушения их структурных связей перемятием грунта. В водонасыщенном состоянии после разрушения их структурных связей прочность снижается от 8–10 до 100–300 раз, что позволяет отнести их к исключительно неустойчивым, крайне чувствительным грунтам.

В соответствии с таблицей 1 СП 14.13330.2011 «Строительство в сейсмических районах» лессовидные суглинки относятся к III категории по сейсмическим свойствам» (с. 139).

Заканчивается глава 3 двумя схемами инженерно-геологического районирования территории города, составленными изыскателями СтавропольТИСИЗа. На первой из них районы выделены по геоморфологическому признаку, подрайон — по геологическому строению, участки — по глубине залегания уровня подземных вод, а на второй — в результате оценочного районирования на территории города были выделены три зоны по степени благоприятности инженерно-геологических условий для строительства: благоприятные; условно благоприятные; неблагоприятные.

Авторы монографии отметили ряд недостающих, с их точки зрения, моментов на этих схемах и высказали следующую позицию: «Схема инженерно-геологического районирования города должна быть дополнена конкретными мероприятиями по инженерной подготовке каждой зоны при строительстве и реконструкции городских зданий и сооружений. Этот вопрос становится особенно актуальным в связи с возможной корректировкой генерального плана Ставрополя» (с. 142).

Самая объемная глава монографии (с. 148–289) оригинальна не только по названию, но и по содержанию. Обычно главы с элементами последнего нередко называются «Опыт строительства». В монографии же использовано более объемное и по существу актуальное на современном этапе название: «Проблемы нового строительства и восстановления аварийно-деформированных зда-

ний и сооружений в городе Ставрополе». И в итоге рассмотрения истории и важности сделан не менее оригинальный вывод: «Многолетнее изучение многих аварийных объектов на Юге России убедило нас, что аварийность объектов чаще всего закладывается при изысканиях и проектировании, реже — при строительстве и эксплуатации зданий и сооружений. Пусть не обижаются изыскатели и проектировщики, но основная доля вины в аварийных ситуациях часто лежит на них, а не на строителях и эксплуатирующих органах, которые вынуждены исправлять ошибки своих предшественников» (с. 148).

Проблемные вопросы строительства и восстановления зданий и сооружений в сложных грунтовых условиях Ставрополя показаны на примере 90 объектов. Среди них православные храмовые комплексы (5), мечеть, дворец бракосочетания (бывшая синагога), краевой музей изобразительных искусств, жилые дома разных времен постройки, этажности и конструкции (42), общественные здания (36), объекты жизнеобеспечения (4), среди которых Сенгилеевский водопровод, шламонакопители бывшего завода «Люминофор», полигон ТБО в с. Верхнерусском, три гектара усохших деревьев.

Для каждого из этих объектов описаны грунтовая толща основания, тип фундамента и конструкция здания (или сооружения), характер деформаций, примененные методы укрепления сооружений, создание противодиффузионных, дренажных систем и усиления грунтов основания. Среди последних широко использовались методы технической мелиорации грунтов, новая технология устройства вертикальных и наклонных буронабивных свай шнековым способом, в том числе с использованием негашеной извести или сульфатостойкого цемента. Большой интерес представляют тексты экспертных заключений, писем в директивные органы, выступления в суде профессора Б.Ф. Галая по ранее названным объектам.

Анализ причин деформаций зданий и сооружений, построенных на специфических грунтах г. Ставрополя привел авторов монографии к такому выводу: он «показал недостатки и ограниченность действующих строительных нормативов, недостаточную изученность этих природных и техногенных образований, непонимание их опасных свойств местными изыскателями и проектировщиками и заставляет искать новые методы подготовки оснований при новом строительстве и реконструкции существующих, в том числе аварийных, зданий и сооружений» (с. 316).

В заключительной главе авторы поместили рекомендации по проведению инженерных изысканий, проектирования, строительства, реконструкции и эксплуатации зданий и сооружений на глинистых грунтах, форштадских песках, просадочных грунтах города Ставрополя. В отдельный раздел выделены аналогичные рекомендации для массивов техногенных грунтов города.

Завершая рецензию, отмечу оригинальность монографии, ее своеобразное построение и содержание, особенно главы 4. Соглашусь с мнением ее авторов, что «Выполненные исследования представляют собой первый опыт показать г. Ставрополь как природно-техническую систему (ПТС), включающую геологическую среду (инженерно-геологические условия) и его техносферу — инженерные сооружения города на всех стадиях их функционирования (от начала инженерных изысканий и проектирования до реконструкции и восстановления при аварийных ситуациях)» (с. 315).

Монография предназначена для специалистов в области инженерной геологии, оснований и фундаментов, может быть полезна проектировщикам, производителям работ, работникам жилищно-коммунальных служб и экспертам, занимающимся выяснением причин деформаций зданий и сооружений в городе Ставрополе, может служить учебным пособием для студентов геологических, строительных и других специальностей. 🌐

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

ТРОФИМОВ В.Т.

Заведующий кафедрой инженерной и экологической геологии геологического факультета Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, д.г.-м.н., профессор, г. Москва, Россия

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

TROFIMOV V.T.

Head of the Department of Engineering and Ecological Geology, Faculty of Geology, Lomonosov Moscow State University, DSc (Doctor of Science in Geology and Mineralogy), professor, Moscow, Russia

