

## ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ г. КИСЛОВОДСКА КАК ГРАДОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ФАКТОР

Отражены основные результаты инженерно-геологических исследований территории федерального города-курорта Кисловодска. Автором был проведен анализ существующих градостроительных нормативов, архивных данных, аварийных деформаций зданий и опасных геологических процессов. На основании анализа были построены карты, необходимые для дальнейшего развития города и разработки его генерального плана.

Кисловодск является одним из крупнейших курортов Юга России. В 1970 г. постановлением Госстроя РСФСР Кисловодск был отнесен к категории исторических городов. В 2006 г. вышло Постановление Правительства РФ «О признании курортов Ессентуки, Железноводск, Кисловодск и Пятигорск, расположенных в Ставропольском крае, курортами федерального значения». Его уникальный климат описан во многих изданиях [1]. Из всех курортов Кавказских Минеральных Вод только Кисловодск благоприятен для круглогодичного посещения [2]. В Кисловодске действуют 45 санаториев и пансионатов вместимостью около 15 тыс. человек.

Градостроительная деятельность в Кисловодске регулируется нормативами федерального, регионального и местного уровней.

Строительство и дальнейшее развитие города-курорта в большой степени зависит от учета его инженерно-геологических условий.

На данный момент московский проектный институт «Гипрогор» ведет разработку нового генерального плана города, для обоснования которого требуются детальные инженерно-геологические исследования.

Автор данной статьи выполнил анализ инженерно-геологических условий г. Кисловодска, из которого следует, что, в соответствии с СП 11-105-97 [3], практически всю территорию города можно отнести к III (сложной) категории. Сложность объясняется всеми составляющими факторами инженерно-геологических условий: особенностями рельефа, геологическим строением, составом и свойствами грунтов, тотальным подтоплением территории и развитием опасных геологических процессов.

В геоморфологическом отношении город находится в глубокой, почти замкнутой эрозионно-тектонической котловине, окруженной высокими горными хребтами. С севера, северо-востока и востока город ограничен Боргустанским (до 1468 м) и Джинальским (до 1539 м) хребтами, с юга – северными склонами Скалистого хребта, с запада – водоразделом рек Березовой и Аликоновки (высотные отметки водораздела около 1000 м). Абсолютные отметки местности колеблются в пределах 817–1062 м над ур. м. Рельеф города можно характеризовать как сложный, здесь часто встречаются улицы с уклонами до 30–35°, перепады отметок достигают 40 м на 100 м.

Грунты города можно подразделить на две основные генерации: покровную и коренную. Покровные отложения представлены лессовидными суглинками и супесями. Эти грунты занимают около 45% территории города, главным образом северную и восточную части с этажностью застройки 5 этажей и более. Согласно архитектурному зонированию это селитебная зона смешанной за-

стройки. Лессовидные суглинки покрывают в основном отрицательные формы рельефа, а также террасы местных рек Березовая, Ольховка, Аликоновка, Подкумок. Мощность лессовых отложений в пределах города изменяется от 1–2 м на вершинах склонов и до 20 м во впадинах в центральной части города.

Лессовидные просадочные грунты имеют следующие инженерно-геологические характеристики: естественная влажность  $W = 12\%$ , влажность на границе текучести  $W_L = 22\%$ , влажность на границе раскатывания  $W_p = 17\%$ , плотность при естественной влажности  $\rho = 1,60 \text{ г/см}^3$ , коэффициент пористости  $e = 0,890$ , степень влажности  $S_r = 0,36$ .

В соответствии с указаниями федерального норматива СП 11-105-97 лессовые грунты Кисловодска следует отнести к специфическим грунтам, т.к. эти «грунты изменяют свою структуру и свойства в результате внешних воздействий, обладают неоднородностью, имеют склонность к длительным изменениям структуры и свойств во времени» [3]. Аварийные утечки воды из подземных водонесущих коммуникаций привели к замачиванию просадочных лессовидных грунтов и деформациям жилых домов по ул. Пушкина, ул. Железнодорожной, ул. Куйбышева, ул. Еськова и др. Более десяти лет испытывает предаварийные деформации всемирно известный, федеральный памятник архитектуры «Дача Ф.И. Шаляпина». Его периодическая реставрация проходит без усиления грунтов и фундаментов, с большой затратой бюджетных средств.

Особое беспокойство вызывает просадка зданий, построенных на забивных свайных фундаментах. Железобетонные сваи, забитые при строительстве жилого дома по ул. Пушкина, 98, после замачивания просадочных суглинков испытали просадочные деформации и привели здание в аварийное состояние. Местные проектировщики забивные сваи всегда считали надежным типом фундаментов. Более надежными фундаментами оказались ленточные фундаменты, установленные на уплотненные грунтовые подушки.

Выбор надежного варианта подготовки оснований на площадках с просадочными грунтами в условиях плотной городской застройки для Кисловодска представляет непростую задачу. Для проектировщиков и администрации города нами составлена карта просадочных грунтов с выделением типа просадочности согласно Пособию к СНиП 2.02.01-83 [4].

Грунты коренной основы представлены нижнелегкими мелкозернистыми песчаниками на карбонатном и глинистом цементе. Их физико-механические свойства приведены в табл. 1.



Рис. 1. Карта мощности просадочной толщи

Т а б л и ц а 1

**Физико-механические свойства песчаников**

Вид	Естественная влажность, %	Плотность, г/см <sup>3</sup>			Коэффициент пористости	Степень влажности	Временное сопротивление одноосному сжатию, МПа	
		частиц грунта	при естественной влажности	сухого грунта			при естественной влажности (сухой грунт)	при водонасыщении
Глинистый песчаник	16,3	2,68	2,09	1,8	0,49	0,89	2,1	1,2
Карбонатный песчаник	1,4	2,71	2,56	2,52	0,08	0,47	20,0	18,0

Песчаники распространены в центральной и южной части города, занимают примерно 50% его территории и являются основаниями фундаментов зданий в жилой и курортных зонах. Карбонатные песчаники являются надежным скальным грунтом. Глинистые песчаники и их кору выветривания следует отнести к специфическим грунтам, т.к. при замачивании они до 10 раз снижают прочность на одноосное сжатие, а иногда и полностью размокают как неводостойкие грунты. При фильтрационном воздействии потока грунтовых вод глинистый песчаник разрушается до состояния водонасыщенной текучей супеси.

Сильно расчлененный рельеф Кисловодска способствует развитию суффозионных процессов, разрушающих структуру структурно-неустойчивых грунтов (лесовидных суглинков и глинистых песчаников). Только суффозионными процессами можно объяснить деформации зданий Центрального банка РФ, станции технического обслуживания автомобилей, санаториев «Красные Камни», «Эльбрус», «Имени Орджоникидзе» и др. Часть этих зданий относится к памятникам архитектуры федерального значения.

Нами составлена карта распространения песчаников и их коры выветривания на территории Кисловодска (рис. 2). Максимальная мощность коры выветривания достигает 7–9 м в западной и северо-восточной частях города, в жилой зоне одноэтажной и смешанной застройки. В северо-восточной части мощность коры выветривания глинистых песчаников составляет 2,5–3,0 м. Здесь кора выветривания приурочена к подтоп-

ляемой территории с близким залеганием грунтовых вод с УГВ (3 м). Можно полагать, что основным агентом выветривания коренных песчаников являются инфильтрационные атмосферные и техногенные воды.

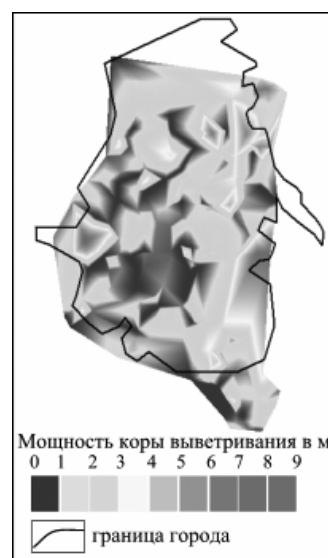


Рис. 2. Карта мощности коры выветривания

Гидрогеологические условия города характеризуются наличием четырех зон:

1. Зона с глубиной залегания грунтовых вод от 0 до 3 м. Это жилой зона смешанной и одноэтажной

застройки на юго-западе и востоке города, зона частной застройки и курортная зона.

2. Зона с глубиной залегания грунтовых вод от 3 до 5 м в центре города с промышленными объектами и многоэтажной застройкой, а также курортная зона в северо-восточной части города.

3. Зона с уровнем грунтовых вод на глубине 5–10 м. На этой территории в центре города располагаются промышленные здания и многоэтажная застройка.

4. Зона с глубиной уровня грунтовых вод более 10 м занимает примерно 60% городской территории. На востоке и юго-востоке города это курортная зона, в северной части – селитебная зона с многоэтажной и смешанной застройкой. В этой зоне распространены лессовидные просадочные грунты твердой и полутвердой консистенции, с которыми связаны деформации жилых домов и общественных зданий.

На большей части города отсутствует ливневая канализация, а водопотери из городских водопроводных сетей достигают 35%, что привело к тотальному подтоплению центральной части города. Здесь в 1970–1980-е гг. была оборудована сеть гидрогеологических скважин, которая в настоящее время полностью разрушена.

Кисловодск расположен в зоне повышенной сейсмичности, поэтому здания и сооружения, возводимые на территории города, должны соответствовать установленной нормативной сейсмичности. В 1969 г. первый СНиП определил сейсмичность Кисловодска равной 7 баллам. В 1995 г. Академия наук и Госстрой РФ повысили фоновую сейсмичность с 7 до 8 баллов [5]. С учетом рассмотренных выше структурно-неустойчивых грунтов в настоящее время расчетная сейсмичность достигает 9 баллов. Повышение сейсмичности привело все ранее построенные здания на 80% площади в категорию несейсмостойких.

Сейсмологи на территории Кисловодска обнаружили три тектонических разлома, что также усугубляет сейсмическую обстановку города-курорта.

Автор составил схематическую карту сейсмического районирования территории города (рис. 3) с учетом требований новых строительных норм. На нашей карте к 9-балльной зоне относится около 80% территории города, 8-балльная зона занимает около 15%, а к 7-балльной зоне относится лишь 5% территории.

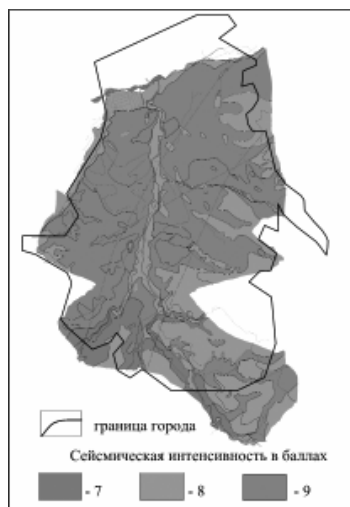


Рис. 3. Карта сейсмичности территории г. Кисловодска

На территории Кисловодска нами выделены следующие опасные геологические процессы: просадка лессовых грунтов, выветривание, оврагообразование, береговая эрозия, обвально-осыпные явления, оползни, подтопление, затопление.

*Просадочные явления* развиты в северной части города, в районе основного распространения лессовых грунтов.

*Выветривание* наиболее активно проявляется в зоне распространения коренных и покровных пород. Этот процесс носит скрытый и потому опасный характер, развиваясь в основаниях построенных зданий и сооружений, где происходит активное движение подземных вод. Наиболее подвержены выветриванию нижнемеловые песчаники в южной части селитебной зоны и практически по всей курортной зоне.

*Оврагообразование* приурочено к долинам местных рек Подкумок, Белая, Ольховка.

*Процессы береговой эрозии* развиты по долинам рек Белая, Аликоновка, Ольховка, Березовая. По руслу реки Белая разрушительная деятельность реки угрожает частным домовладениям и действующему городскому кладбищу, а на реке Березовая – санаторию «Колос». Из-за подмыва берегов реки Подкумок постоянно приходится реконструировать берегоукрепительные сооружения.

*Обвально-осыпные явления* проявляются в местах обнажения нижнемеловых пород и интенсивно развиваются на северо-востоке (в промышленной зоне), востоке и юго-востоке (в курортной зоне), юго-западе (в селитебной зоне) Кисловодска. Осыпи осложняют нормальное функционирование федеральной дороги, ведущей к санаторию «Эльбрус».

*Оползни*. В настоящее время на территории города насчитывается более 20 оползней. Они угрожают коммуникациям, обеспечивающим жизнедеятельность города, и федеральной автодороге к «Олимпийскому комплексу», расположенному на восточной окраине Кисловодска. Эта дорога часто загромождена оползневыми массами, и для ее расчистки на оползневых участках постоянно прикреплена дорожная техника. Оползни угрожают трассе главного магистрального водопровода, подающего воду с северо-запада из р. Эшакон. Большой техногенный оползень в течение многих лет осложняет строительство нового санатория «Каскад».

Сложный и опасный оползень на склоне р. Ольховка несколько десятилетий угрожает федеральному памятнику архитектуры – Музею-усадьбе художника А.Н. Ярошенко. Здесь по проекту московского института «Росреставрация» был выполнен большой комплекс противооползневых мероприятий, который не обеспечил устойчивость оползневого склона.

Движение оползневых масс привело к разрушению подпорной стенки в центре города, на пересечении ул. Куйбышева и просп. Победы.

После выпадения обильных осадков 19 июля в 2002 г. в балке Васюкова образовался селеподобный оползень, разрушивший несколько частных домовладений.

*Подтопление и затопление городской территории* происходит в пойменно-русловых частях рек и тальвегах балок. Подтопление ведет к развитию оползней, повышению сейсмической опасности, скрытым суффо-

зионным процессам, просадке лессовых грунтов, вызывающая типичные для этих процессов деформации зданий и сооружений. При подтоплении городских территорий неизбежно происходит снижение прочности рассмотренных выше структурно-неустойчивых грунтов в основаниях зданий и несущей способности свайных фундаментов.

По СНиП 2.03.11-85 «Защита территории от подтопления и затопления» [6] к подтопленным относятся территории селитебных зон с глубиной уровня грунтовых вод (УГВ) до 2 м, для промышленных зон – до 5 м, для зон рекреационного и защитного назначения – до 1 м. В соответствии с этими нормами к подтопленной части городской территории относится 20% площади г. Кисло-

водска. Следует отметить, что площадь подтопления города была значительно увеличена при переносе русла реки Березовая. В центральной части города по пр. Победы территория относится к затопляемой по СНиП.

Краткий обзор опасных геологических процессов на территории исторического города-курорта Кисловодска показал разнообразие их видов и интенсивное развитие под влиянием городской техногенной нагрузки.

Научный мониторинг и инженерный прогноз рассмотренных опасных геологических процессов необходим как для сохранения существующей городской застройки, так и при разработке нового генерального плана, к выполнению которого приступили московские проектировщики.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Бадахова Г.Х., Кнутас А.В. Ставропольский край: современные климатические условия. Ставрополь: ГУСП СК «Краевые сети связи», 2007. 272 с.
2. Правительство Российской Федерации, постановление от 17 января 2006 г. № 14 «О признании курортов Ессентуки, Железноводск, Кисловодск и Пятигорск, расположенных в Ставропольском крае, курортами федерального значения и об утверждении положений об этих курортах». Режим доступа: <http://www.aquaexpert.ru/analytics/?t=2&id=32>
3. СП 11-105-97 «Свод правил инженерно-геологические изыскания для строительства. Часть III: Правила производства работ в районах распространения специфических грунтов». Режим доступа: [http://www.zonazakona.ru/zakon/index.php?zakon=fz\\_pam&go=index](http://www.zonazakona.ru/zakon/index.php?zakon=fz_pam&go=index)
4. *Пособие* по проектированию оснований зданий и сооружений (к СНиП 2.02.01-83) / НИИИОСП им. Герсеванова. М.: Стройиздат, 1986. 415 с.
5. СНиП II-7-81\* «Строительство в сейсмических районах». Режим доступа: [http://www.zonazakona.ru/zakon/index.php?zakon=fz\\_pam&go=index](http://www.zonazakona.ru/zakon/index.php?zakon=fz_pam&go=index)
6. СНиП 2.03.11-85 «Защита территории от подтопления и затопления». Режим доступа: [http://www.zonazakona.ru/zakon/index.php?zakon=fz\\_pam&go=index](http://www.zonazakona.ru/zakon/index.php?zakon=fz_pam&go=index)

Статья представлена научной редакцией «Науки о Земле» 3 сентября 2007 г.