

## ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ, УЧАСТВУЮЩИЕ В РАЗРУШЕНИИ ПОДПОРНЫХ СТЕН

Лобастов Б. М., Фёдорова Т. В.,

научные руководители канд. геол.-минерал. наук Перфилова О. Ю.,

ст. преподаватель Рябов О. Н.

*Сибирский Федеральный Университет*

К сожалению, в Красноярске довольно частыми стали обрушения подпорных стен, приводящие даже к человеческим жертвам. Это не могло оставить нас равнодушным, из-за чего я решил провести некоторые исследования. Как будущий инженер я понимал, что эти стены были построены по проектам, в которых проводились расчёты прочности и надёжности данных конструкций, однако раз происходят обрушения, не был учтён какой-то фактор. Как геолог, я решил выяснить, в чём же кроется проблема. Была решена и обратная задача по моделированию подпорной стены.

Для исследований была выбрана подпорная стена на улице Копылова, находящаяся с торца дома 74 (рис. 1). Во-первых, наблюдения за ней проводились уже довольно давно, во-вторых, эта стена испытывает значительную нагрузку – на площадке сверху устроена автостоянка, а в-третьих, вдоль этой стены часто ездят автомобили и очень часто ходят люди с детьми, так как эта дорога ведёт к детскому саду и гимназии №1 «Универс». Параметры стены таковы: толщина бетонных блоков 0,4 м, протяжённость 19,7 м, высота слева составляет 1,2 м, справа – 2 м.

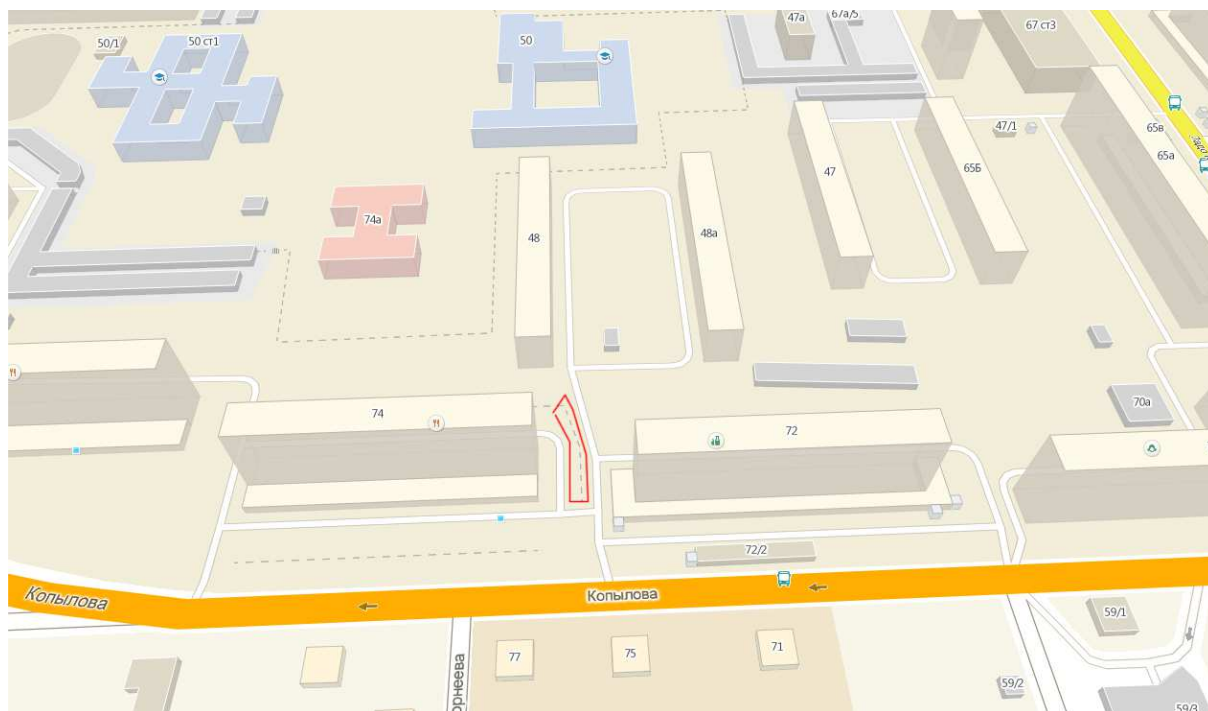


Рис. 1. Фрагмент карты-справочника 2ГИС с отмеченным на нём положением исследуемой подпорной стены.

В первую очередь, хотелось бы привести список современных геологических процессов, которые могут оказать разрушительное действие в городских условиях. К ним относятся суффозия, карст, эрозия, выветривание, а также разнообразные

склоновые процессы (обвалы, оползни и микрооползни). Наиболее опасны среди них: суффозия и карст, эрозионные, оползневые процессы и выветривание. Эти процессы затрагивают не только горные породы, но искусственные материалы, созданные человеком (бетон, кирпич и асфальт). При этом, главным «оружием» этих процессов является вода, как грунтовые воды, так текущие по поверхности ручьи и реки. Замерзая, вода превращается в лёд и словно клин расширяет трещины, в которые попала. Суффозионные и карстовые процессы связываются с деятельностью грунтовых вод, а с деятельностью поверхностных водотоков – эрозия. Процесс разрушения горных пород и искусственных материалов в результате неоднократного расклинивания трещин замерзающей в ней водой и последующего оттаивания называется морозным выветриванием. Если в воде содержатся агрессивные вещества, то вступает в дело химическое выветривание



Рис. 2. Фрагмент подпорной стены после «ремонта».

До января 2014 года стена была облицована гранитной плиткой, как и многие другие стены в городе. Эта облицовка опасно отходила от стены, образовав зазор в несколько сантиметров, в среднем, щель была шириной 2-3 см. В январе были проведены ремонтные работы, в результате которых облицовка была снята. Снята она, правда, была не полностью – часть стены, скрытая под снегом, осталась нетронутой. После снятия облицовки открылась страшная картина: бетонные блоки стены разбиты огромным числом трещин, бетон разрушается даже руками (рис. 3а), в крупных трещинах осаждаются карбонаты (рис. 3б), что говорит не только о большой жёсткости воды, но и о том, что через бетонные блоки проходит большое количество воды. С началом весны вода, образовавшаяся при таянии снега, напитала трещины в бетоне, а многократные перепады температуры привели к образованию новых микротрещин, отрицательно сказавшихся на прочностных характеристиках бетона.

Таким образом, здесь действуют следующие геологические процессы: эрозия, морозное и химическое выветривание, возможно – суффозия. В результате эрозии происходит размывание бетонных блоков и скрепляющего их раствора, при образовании трещины между облицовкой и стеной эрозия тоже сыграла свою роль. Роль морозного выветривания очевидна, оно сыграло решающую роль при отделении облицовки, разрушило связующий раствор, и из-за морозного выветривания бетон стал очень

трещиноватым и, как следствие, хрупким. Нас удивило большое количество карбонатных натёков, местами выросли настоящие сталактиты (рис. 3б)! Любая вода представляет определённую опасность для бетона: кислая вода, вода содержащая растворённый  $\text{CO}_2$  превращает нерастворимый кальцит  $\text{CaCO}_3$  в водорастворимый гидрокарбонат кальция  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ , обуславливающий появление дефектов, а жёсткая вода содержит большое количество солей, которые, кристаллизуясь и гидратируясь в порах, многократно увеличиваются в объеме, что ведет в итоге к разрушению материала. Вполне возможно, что воздействие оказали не только жёсткие воды, продукты влияния которых видны сразу, но и кислые воды и воды, обогащённые растворённой углекислотой. Возможно, что своё влияние оказала и суффозия: из-за отсутствия хорошего дренажа вымывались мельчайшие частицы грунта, что приводит к образованию суффозионных воронок на поверхности и, как результат, увеличению скорости грунтовых вод.

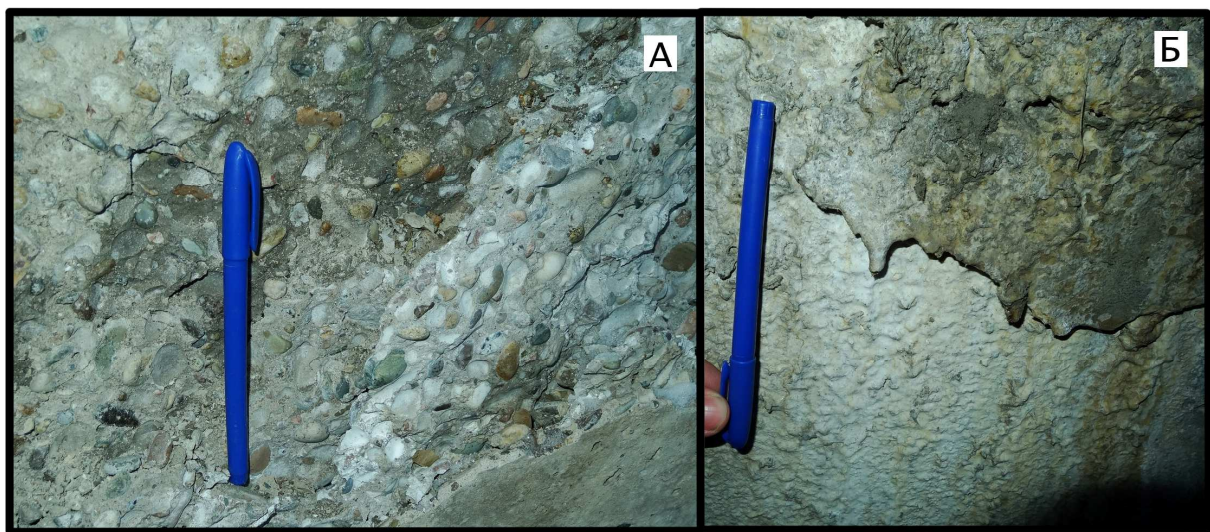


Рис. 3. а – сеть трещин в бетонных блоках и расслаивание бетона по крупным трещинам, б – сталактиты, выросшие в трещине в стене.





Рис. 4. Прибор для измерения прочностных характеристик твёрдых тел.

Если эти процессы не будут остановлены или заторможены, могут повториться страшные события, уже унёсшие несколько человеческих жизней. Вполне возможно, что сильные дожди могут привести к достаточному переувлажнению грунта, чтоб произошло обрушение стены и образовался микрооползень. Сейчас бетон в некоторых местах активно разрушается, разваливаясь на пластинки толщиной около 1-1,5 см, которые легко, без всякого усилия разламываются руками (рис. 3а). Это вызвало большую сложность при отборе образца для измерения прочностных характеристик бетона, удалось взять только один образец больше 2,5 см. Так как отобран был только один образец, мы провели испытания в воздушно-сухом состоянии, прочность составила 3,81 МПа. Для сравнения, бетон из блоков, не подвергавшихся столь агрессивному воздействию эрозии, грунтовых и поверхностных вод и морозобойному выветриванию даже в водонасыщенном состоянии имеет прочность 5,25 МПа (рис. 4). По ГОСТу 25100-2011 «Грунты. Классификация» полускальные грунты (к которым мы отнесли бетон) по пределу прочности на одноосное сжатие ( $R_{cm}$ ) в водонасыщенном состоянии относятся к грунтам пониженной прочности.

К сожалению, при возведении объектов, подобных этой подпорной стене, не были учтены многие геологические факторы, что теперь, спустя годы, регулярно приводит к серьёзным последствиям. Ныне необходимо проводить тщательный мониторинг таких объектов, провести ремонт и профилактику, чтоб если не исключить, свести возможность обрушения к минимуму. По сообщениям СМИ, в 2014 году на эти цели выделяется 44 миллиона рублей, хотелось бы, чтобы эти деньги были потрачены строителями правильно, и были устранены не «симптомы» падающих стен, а причины, из-за которых стены падают.