

УДК 69.059.22

А.Ю. ВАРФОЛОМЕЕВ, канд. техн. наук, ООО «Научно-исследовательская лаборатория строительной экспертизы Баренц-региона» (Архангельск)

Повреждение кирпичных и деревянных зданий высокорослыми деревьями в субарктическом климате

В субарктическом климате Архангельской области исследовано накопление повреждений кирпичных и деревянных зданий вследствие воздействия корневой системы тополей, елей и сосен. Предложено назначать минимальное расстояние от зданий и сооружений до высокорослых деревьев с учетом генетических характеристик их видов, например для тополей не менее 20 м. Рекомендовано ввести соответствующие изменения в СП 42.13330.201.

Ключевые слова: здания, деревья, корни, накопление повреждений.



Рис. 1. Пятиэтажный кирпичный дом до (а) и после (б) аварии

В конце лета 2012 г. в одном из городов Архангельской области произошло аварийное обрушение части пятиэтажного кирпичного здания (рис. 1). При исследовании причин аварии выяснилось, что значительное влияние на образование и накопление повреждений кладки, а затем и на полную утрату несущей способности нижних рядов кладки здания оказала корневая система тополей, посаженных в непосредственной близости от фасада здания (после аварии тополя были спилены).

В связи с тем, что в России значительное количество населенных пунктов находится на территории с субарктическим климатом и застройка многих из них велась в первые послевоенные годы, т. е. здания эксплуатируются уже более 60 лет, повреждения их конструкций могут носить системный характер. В работе исследованы повреждения каменных и деревянных зданий расположенными близко к ним высокорослыми деревьями с целью разработки рекомендаций по снижению рисков повреждений в субарктическом климате.

При озеленении территорий северных населенных пунктов наиболее часто применяют тополь, березу, ель, сосну и др. Высокорослые деревья продуцируют кислород и естественным образом увлажняют воздух, снижают запыленность и загазованность, поглощают тяжелые металлы из почвы и воздуха [1]. Посадки высокорослых деревьев вблизи зданий уменьшают городской шум от автотранспорта, производств и прочих источников, силу ветра на высоту до пяти этажей, создают тень в жаркое лето, снижая нагрев стен и помещений, изменяют радиационный фон [2].

Согласно СП 42.13330.2011 (актуализированная редакция СНиП 2.07.01–89*) [3] в жилом микрорайоне (квартале) площадь озеленения должна составлять не менее 25% территории, или не менее 6 м² на одного человека. Расстояние L от наружной стены здания и сооружения до оси ствола дерева любого вида с диаметром кроны не более 5 м должно быть 5 м. При увеличении диаметра кроны L увеличивается. Для кустарника нормами установлено $L \geq 1,5$ м. При этом снижение инсоляции и освещенности из-за близко расположенных деревьев должно соответствовать санитарно-гигиеническим нормам. Для жилых зданий, эксплуатируемых севернее 58° с. ш., должна обеспечиваться непрерывная продолжительность инсоляции жилых помещений и территорий – не менее 3 ч в день на период с 22 апреля по 22 августа.

В проектах планировки городских и сельских поселений необходимо предусматривать рациональную очередность их развития. Как правило, расчетный срок составляет 20 лет, а градостроительный прогноз охватывает 30–40 лет [3]. Однако согласно методике определения физического износа гражданских зданий усредненный срок службы жилых



Рис. 2. Корни диаметром до 85 мм на участке вскрытия № 1

зданий для I, II и III групп капитальности составляет 150, 125 и 100 лет соответственно. Отсюда следует, что расчетный срок градостроительного планирования в 7,5 раз меньше нормируемого периода эффективной эксплуатации здания I группы капитальности. По этой причине при территориальном планировании городов по действующим градостроительным нормам не исключено принятие управленческих решений, которые уже через 50 лет могут оказать негативное воздействие на осуществленную застройку.

Анализ градостроительных норм [3] показывает, что требования к проектированию и выполнению насаждений высокорослых деревьев на территории населенных пунктов не учитывают генетических характеристик их видов. Однако именно от генетических характеристик зависят прогнозируемые на длительный период времени геометрические параметры роста кроны, ствола и особенно корневой системы, которые могут наносить повреждения зданиям, сооружениям и строительным конструкциям, а также инженерным коммуникациям.

Характеристика проекта озеленения северного города. Исследования проводили в Архангельской области вблизи Белого моря на городской территории, расположенной на высокой широте (54°36' с. ш.) в лесотундровой физико-географической зоне. Для архитектурно-дендрологического оформления города и создания благоприятных санитарно-гигиенических условий генеральным планом было предусмотрено озеленение территории застройки. При проектировании использовали следующие климатические данные: среднегодовая температура воздуха +1,5°C; самый теплый месяц в году – июль со среднемесячной температурой +16,9°C; самый холодный – январь (–13,4°C); число дней безморозного периода 170; среднегодовая относительная влажность 84%; количество осадков за год в сред-

нем 390 мм. Преобладающие ветры юго-восточного и южного направлений со средней скоростью 4,4 м/с. Жесткость климата субарктической лесотундровой зоны ограничивала ассортимент древесно-кустарниковых пород.

Территория застройки характеризовалась волнообразными холмами из мелкозернистого песка, под которым располагались прослойки суглинистого ила. Улицы с кирпичными многоквартирными зданиями были построены по верхней части протяженных песчаных холмов.

Для посадки деревьев и кустарников применяли искусственные почвы на основе смеси торфа и песка с соответствующими удобрениями. Наличие избыточного увлажнения и заторфованных земель потребовало не только применения искусственных грунтов, но и подбора гидрофильных видов растений для озеленения. Были выбраны тополь сибирский, тополь душистый, ивы древовидные разных видов, горная сосна, береза пушистая, ель обыкновенная, ольха серая, рябина, черемуха, клен американский, липа мелколистная, ясень американский, яблоня сибирская и др. *Параметры стволов, крон и корневых систем взрослых деревьев этих видов существенно различаются.* На проектный период на 1 чел. приходилось 8,2 м² зеленых насаждений, что на 37% выше современного нормативного значения [3].

Кирпичные здания. При проектировании в 1949 г. использовали типовые решения пятиэтажных зданий из керамического полнотелого кирпича размерами 250×120×65 мм с расположением верха фундаментов лишь на 80 мм выше уровня поверхности земли. Не было учтено, что при таянии снегового покрова большой толщины в условиях субарктического климата будет происходить интенсивное сезонное одностороннее увлажнение цокольной части наружных стен. Кроме того, в весенний и осенний периоды происходили суточные циклы замораживания (ночью) и оттаивания (днем) кирпичной кладки.

Исследования кладки в зоне цоколя показали, что накопление повреждений развивалось с наружной стороны. При односторонней деструкции кладки сформировался эксцентриситет в опорной площадке стены, что представляло большую опасность для ее общей устойчивости. Риск разрушения в таких случаях возрастает при наличии массивных кирпичных эркеров, карнизов, балконов и других выступающих архитектурных элементов зданий.

За 62 года развития городской среды произошло существенное увеличение культурного слоя, поэтому горизонтальная гидроизоляция фундамента частично разрушенного здания оказалась на 220–240 мм ниже поверхности вплотную примыкающего к стенам асфальтового тротуара и перестала выполнять свои функции. Атмосферные осадки сбрасывались с крыши по водосточным трубам в непосредственной близости от стен, организованное водоотведение



Рис. 3. Общий вид вскрытого участка № 2 (а); деструкция кладочного раствора системой мелких корней (б); полная деструкция кирпича и кладочного раствора (в); крупные корни показаны стрелками



Рис. 4. Общий вид вскрытого участка № 3 в зоне цоколя (а); система мелких корней (б) на уровне пятого ряда разрушенной кладки

в ливневую канализацию проектом не предусматривалось. Указанные факторы

повлекли деструкцию нижних рядов кладки, выполненной на известково-цементном растворе, по всей толщине цоколя.

Характеристики тополей, специфика роста. Из высокорослых деревьев в северных городах широко распространены тополя. Обычно их высота 20–30 м, прирост до 1 м за сезон [4, 5]. Корневая система мощная, разветвленная, длина корней до 20 м [6], имеются поверхностные и наклонно распространяющиеся корни, от которых отходят вглубь якорные корни. В период вегетации среднесуточный прирост всей корневой системы тополя может достигать 50 мм [7]. Тополя активно размножаются не только семенами, но и пневой порослью и корневыми отпрысками. Поэтому при необходимости удалять тополя следует вместе с корневой системой.

По данным обследования в 2012 г. тополей в зоне двух аварийных кирпичных зданий, диаметр стволов составлял 350–550 мм, высота – 18–23 м, ширина кроны – 6–9 м. Тополя посажены между автомобильной дорогой и пешеходным тротуаром, вплотную примыкающим к зданиям. Расстояние от стен зданий до края стволов от 6,65 до 6,8 м ($L \approx 7$ м). Расстояния между стволами в свету на одной улице от 2,575 до 3,35 м, на другой – от 4,875 до 5,2 м. Высокий уровень грунтовых вод создавал благоприятные условия для роста крупных корней влаголюбивых тополей, берез и других высокорослых деревьев. При устройстве шурфа № 1 в 2012 г. около кирпичного здания, построенного в 1950 г., выявлено, что вплотную к фундаменту и цокольной части стены располагались корни диаметром до 85 мм с разросшейся системой ответвлений (рис. 2), что повлекло деструкцию кладки, находившейся ниже поверхности асфальтового тротуара.

Инфракрасная дефектоскопия наружных стен старых кирпичных зданий в зоне их опирания на фундамент, выполненная в зимний период, показала резкое возмущение температурного поля. Это подтвердило наличие деструкции кирпичной кладки в наиболее нагруженной цокольной части стен. Поэтому корни, вплотную примыкавшие вдоль всего отапливаемого здания к фундаменту и кирпичной кладке, расположенной ниже уровня асфальтового тротуара, подогревались за счет указанных теплопотерь. Черный асфальт около стен интенсивно поглощал световое излучение и дополнительно подогревал корни. В итоге формировался благоприятный микроклимат, искусственно продлевавший сезонный период их роста. При этом увеличивались не толь-

Вероятность повреждений
эксплуатируемых зданий высокорослыми
деревьями в зависимости от L

Вероятность повреждения, %	L, м
0	>20
10	5–20
15	3,5–5
25	2,5–3,5
25	1,5–2,5
25	1–1,5

ко длина и диаметр крупных и средних корней, но и разрасталась густая сеть тонких полупрозрачных корешков. Через трещины и прочие ослабления старой кирпичной стены они опасно устремлялись вверх внутри нескольких нижних рядов теплой кладки отапливаемого здания, разрушая известково-цементный раствор. При этом следует учитывать деструктивное влияние химически агрессивных растительных масел, содержащихся в корнях. Они попадают в кладку в результате капиллярного подсоса и нарушают структуру раствора и кирпича, оказывая расклинивающее воздействие [7–9]. Выявленная сеть мелких корней активизировала деструкцию наиболее нагруженной цокольной части наружных стен.

При детальном обследовании аварийного здания был поэтапно разобран контрольный участок № 2 (рис. 3) кладки цоколя под широким окном первого этажа. Этот участок стены был отделан с обеих сторон толстыми слоями прочной цементной штукатурки и не имел видимых повреждений. Детальное обследование показало, что густая сеть мелких полупрозрачных корней разрослась в четырех нижних рядах кладки наружной стены (рис. 3, б). Корневая система полностью деструктировала известково-цементный раствор до состояния сыпучего материала светло-коричневого цвета (рис. 3, а–в). При этом до 30% кирпичей в каждом исследованном ряду имели «нулевую» прочность и разрушались при слабом нажатии пальцем (рис. 3, в). По ряду признаков полностью деструктированные полнотелые керамические кирпичи были недообожжеными. Некоторые кирпичи с характерными признаками пережога (рис. 3, а) сохранили достаточно высокую прочность. Вскрытие участка цоколя № 3 (рис. 4, а) показало, что сеть мелких корней достигла уровня пятого ряда кирпичной кладки (рис. 4, б), что активизировало опасную деструкцию наружной несущей стены.

Разрушение части здания. В результате скрытой деструкции кирпичной кладки, которая не была своевременно выявлена и устранена, в конце лета 2012 г. произошло обрушение части пятиэтажного здания. Кирпичная кладка простенков первого этажа в зоне обрушения имела смещение оси на 175 мм относительно осей простенков вышележащих этажей. Это вызывало изгиб простенков в плоскости стены и снижало их несущую способность. Расчеты показали, что даже при проектных характеристиках кирпича марки М75 и кладочного раствора марки М15 перегруз простенков составлял 22,6%. Аварийную ситуацию на этом участке усугубили динамические воздействия на стену главного фасада здания при ремонте помещений первого этажа и при механизированной отрывке шурфа в зоне трещин (при этом удалили слои асфальта, подпиравшего с наруж-

ной стороны кирпичную кладку, деструктированную до критического уровня).

Деревянные здания. Корни высокорослых деревьев представляют наибольшую опасность для легких деревянных зданий с фундаментами мелкого заложения. Обследование в Архангельской области 72 деревянных домиков для летнего отдыха показало, что 43 имели повреждения от разросшихся толстых корней елей и сосен: деформации стен и перегородок, коробление дверных коробок, заклинивание дверных полотен и оконных рам, выпучивание покрытия полов и др. Фундаменты глубокого заложения капитальных зданий подвержены негативному воздействию корневой системы обычно лишь при образовании в них каких-либо повреждений в процессе длительной эксплуатации. Например, корни могут разрастаться в трещинах, вызванных неравномерными просадками фундамента, и ускорять накопление повреждений своим расклинивающим действием большой силы.

Вероятность повреждений. Имеются научные данные [7] по вероятности повреждения высокорослыми деревьями длительно эксплуатируемых зданий в зависимости от L (см. таблицу).

Данные таблицы показывают, что риск повреждения конструкций отсутствует при $L \geq 20$ м.

Выводы

1. Целесообразно провести анализ проектной документации городов, застроенных в первые послевоенные годы, на предмет выявления зданий, проекты которых не соответствовали климатическим условиям.
2. Целесообразно провести обследования фундаментов зданий, построенных по проектам, не соответствующим

климатической зоне, вблизи которых посажены высокорослые деревья.

3. В СП 42.13330.2011 необходимо ввести изменения: «Расстояние от зеленых насаждений до зданий и строительных сооружений назначать с учетом генетических характеристик видов высокорослых деревьев: для тополей – не менее 20 м».

Список литературы

1. *Парибок Т.А., Леина Г.Д., Сазыкина Н.А.* Накопление свинца в городских растениях // Ботанический журнал. 1981. Т. 66. № 11. С. 1646–1654.
2. *Неверова О.А.* Биоэкологическая оценка загрязнения атмосферного воздуха по состоянию древесных растений. Новосибирск: Наука, 2001. 118 с.
3. СП 42.13330.2011 Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. М: Министерство регионального развития, 2011.
4. *Царев А.П.* Сортоведение тополя. Воронеж: ВГУ, 1985. 152 с.
5. *Dickmann D.* Popular Culture in North America. Ottawa: National Research Council of Canada, 2001. 403 p.
6. *Редько Г.И.* Особенности строения тополя. Л.: Изд-во Ленинградского университета, 1978. 220 с.
7. *Cutler D.F., Richardson I.B.K.* Tree roots and buildings. GB: Longman, 1989. 88 p.
8. *Biddle P.G.* Tree root damage to buildings. Wantage: Willowmead Publishing, 1998. 376 p.
9. *Lawson M.* Tree Related Subsidence of Low Rise Buildings and the Management Options. GB: OK UK Limited, 2000. 74 p.



АНКЕРНЫЕ СИСТЕМЫ

Винтовые анкера

АТЛАНТ







(495) 226-18-37
(342) 219-61-56

info@anker-system.ru
www.anker-system.ru