

КАМНИ, СРЕДИ КОТОРЫХ ЖИВУТ ГОРОЖАНЕ

А. Г. БУЛАХ

Санкт-Петербургский государственный университет

STONES THAT SURROUND TOWNSPEOPLE

A. G. BULAKH

Natural stones used in the buildings of Tallinn, Turku, St. Petersburg, Helsinki, and Stockholm are described. The topics covered include the following: What types of stone are the most common and why; what chemical and ecological factors contribute most to the stone decay process; what is the role of anthropogenic factor in this process.

Охарактеризован природный камень, использованный в архитектуре Таллинна, Турку, Санкт-Петербурга, Хельсинки и Стокгольма. Какие типы камня наиболее употребительны и почему, какие химические и биогенные факторы являются главными в разрушении камня, какова роль антропогенного фактора в этих процессах – это главные темы статьи.

ВВЕДЕНИЕ

Мир камня – это неотъемлемая часть среды обитания человека. В качестве примера рассмотрим использование природного камня в городском строительстве и архитектуре. Обратимся только к прибалтийским городам – Таллину, Турку (Або), Санкт-Петербургу, Хельсинки и Стокгольму. Выбор этих городов не случаен. Во-первых, все они лежат почти на одной и той же широте – около 60° (рис. 1), на берегах одного и того же моря, то есть при таком выборе географически сходных объектов легче оценить роль экологических и других факторов разрушения камня в городской среде. Во-вторых, геологически сходна ситуация в географической позиции перечисленных городов: все они находятся в зоне сочленения Фенноскандинавского геологического щита и Русской плиты. В-третьих, в странах северной Прибалтики значительна роль древнеледниковых отложений и как результат – имеется много мест для удобной добычи валунно-галечного материала. Второе и третье обстоятельства предопределили сходство многих природных каменных материалов, использованных в строительстве этих городов, а ведь они прошли



Рис. 1. Таллинн, Турку, Стокгольм, Хельсинки, Петербург – это самые северные крупные города мира

разный исторический путь социального и культурного развития. Как же это сходство материалов проявилось в архитектуре столь разных городов Прибалтики? С чем связана природа окраски, структуры и механических свойств камня? Какие проблемы рождает сейчас геологическая ситуация при подборе материала для реставрации памятников истории и культуры в этих городах? Надеемся, что науки о Земле откроются в этой статье с новой для учителей и старшеклассников стороны. Сама же тема геология – камень – город бесконечна [1–8].

ПЕРВЫЕ КАМЕННЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Самой древней из названных столиц является Таллинн – главный город эстов. Поселение указано здесь в 1154 году на карте мира, составленной арабом Абу-Абд-Аллахом-Мохамедом Идриси. С 1187 года ведет свою историю Стокгольм, а в XIII веке был основан Або (Турку). С древних пор и до 1812 года он являлся главным городом в пределах нынешней территории Финляндии. Таллинн и Турку до сих пор сохраняют в своей архитектуре яркие примеры использования первых в этих районах каменных строительных материалов. Это валуны из ледниковых отложений, ордовикские известняки и другие карбонатные породы.

В Турку до нашего времени дошли два старинных памятника архитектуры – замок (постройки XIII–XVI веков) и церковь св. Девы Марии (XIV век). В структуре их стен сочетаются разные кладки – древняя, из камня (валунов, гигантских глыб ледникового происхождения и плит), и аккуратная кирпичная выкладка. Заметим, что стены старинных шведских замков и крепостей и сельские финские церкви XIII–XV веков построены из таких же громадных валунов. Более мелкие и специально подобранные по размеру валуны использовали при мощении улиц и площадей. В книгах финского географа Олави Грано 1957 и 1958 годов содержится указание на то, что еще в 1897–1917 годах в Петербург ежегодно приходили от 2400 до 4800 финских парусников с камнем для мостовых. Добычу валунов вели на побережье Финского залива в цепи холмов ледникового происхождения (рис. 2).

В Таллинне главные черты незабываемого облика старого города формируют силуэты соборов и церквей, виды крепостных стен, старинные жилые дома и другие здания. Их главным строительным материалом был местный камень. Это ордовикские плитчатые известняки, мраморизованные известняки и мраморы. Этот же камень, но уже тесаный или резной использован в архитектурных украшениях зданий, декоративных элементах алтарей и кафедр в соборах, в резных надгробных плитах в храмах.

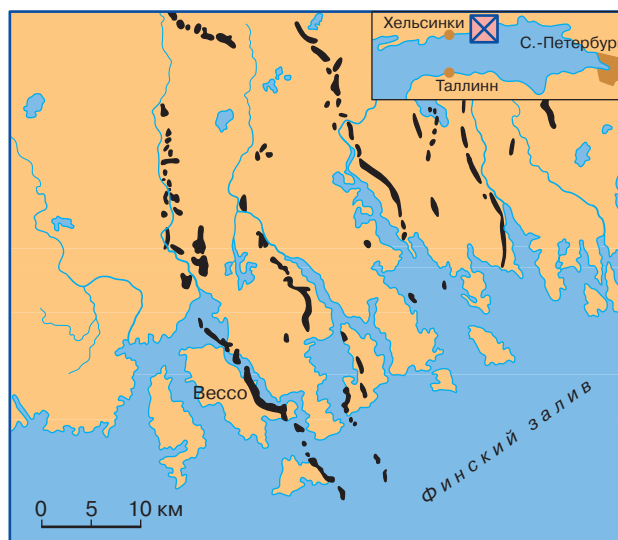


Рис. 2. Черным цветом отмечены валунно-ледниковые гряды, в которых финны добывали камень для мостовых Петербурга

В Петербурге известняки и другие карбонатные породы тоже были первым природным каменным строительным материалом, они используются в этом же качестве до сих пор. Камень добывали и добывают во многих карьерах. Они заложены почти в тех же стратиграфических горизонтах, что и разработки в Эстонии. Наиболее знаменито Путиловское месторождение вблизи впадения Волхова в Ладогу, по нему камень часто называют путиловской плитой.

Из первых петербургских зданий наиболее показательными примерами использования плитчатого камня являются Летний дворец Петра (1710–1714 годы), дом генерал-губернатора города А.Д. Меншикова (1710–1716 годы), Петропавловский собор (1712–1732 годы). Эти здания кирпичные, оштукатуренные; природным камнем облицованы их цокольные части, из него иссечены ступени лестниц, подоконники, плиты для пола, декоративные детали фасадов и внутренних помещений.

Плитчатые известняки занимают определенное место в геологическом разрезе палеозойских осадочных горных пород как в окрестностях Петербурга и в Эстонии, так и в более западных районах Прибалтики. Это глауконитовые известняки ордовикского возраста, чередующиеся с прослоями глинистых известняков и глин. Известковистый материал представлен кальцитом CaCO_3 и доломитом $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$. Глауконит – это слюда состава $\text{K}_{0,8}(\text{Fe}_{1,33}^{3+}\text{Mg}_{0,67})(\text{Al}_{0,13}\text{Si}_{3,87}\text{O}_{10})(\text{OH})_2$. Цвет глауконита темно-синий, он рассеян в породе в виде мельчайших кристаллов или их округлых (в 2–3 мм)

скоплений. Голубые, синие и зеленые оттенки в окраске этих пород обусловлены цветом глауконита, бурые, красные, желтые — микроскопическими включениями оксидов и гидроксидов железа.

Разработка плитчатых известковистых пород в карьерах под Петербургом, в Эстонии, на шведском острове Эланд была делом несложным. Камень легко разделялся по трещиноватости и напластованию на отдельные глыбы. Использовались лом, кирка, мотыга и лишь изредка минный порох. Сложнее было приспособиться к неоднородности механических свойств и окраски камня. Научились использовать камень одних горизонтов только для наружных, других — для любых работ, знали, из чего вырезать плиты для пола, из чего — для ступеней, какой камень брать для подоконников и т.д. В карьерах под Петербургом самые лучшие сорта назывались “братеник” и “старицкий”. Это серые с зеленоватым оттенком плиты, однородные, без глинистых прослоев. Они характеризуются высокими механическими качествами и прочностью и преимущественно использовались для изготовления ступенек и других трущихся и ударяемых деталей.

Для наиболее ответственных декоративных работ в Петербург постоянно доставляли карбонатные породы из карьеров Эстонии, так как там эти породы более мраморизованы и прочны. По местам разработок камень называли ревельским и васалеммским мрамором, кирновским камнем, эзельским доломитом. Приведем лишь четыре примера многочисленного употребления в Петербурге эстонского камня. Во-первых, это затейливые белые резные колонки, наличники окон, кокошники, пояски на стенах Храма Воскресения Христова (Спаса-на-Крови) (1883–1907 годы). Во-вторых, громадный горельеф “История заносит на свои скрижали славу России” в тимпане главного фасада Михайловского (Инженерного) замка (1797–1800 годы), в-третьих, рельефные панно над проходами в колоннаде Казанского собора (1801–1811 годы), в-четвертых, пилон и фриз портика Нового Эрмитажа (1839–1852 годы), памятного всем по фигурам атлантов. Последний пример ярко показывает, какие ошибки можно допустить при непонимании уникальности эстонского камня — случилось так, что при ремонте фасадов этого здания в 2000 году весь кирновский камень был покрашен под простую штукатурку. Колеры для стен здания и деталей портика подобрали очень искусно. Но ведь это мог сделать и сам Л. Кленце, если бы он хотел использовать штукатурку, а не природный материал, традиционно использовавшийся в архитектуре многих европейских городов. Как видно, камень часто считается чем-то обыденным и немым даже такими хранителями произведений искусств, как работники Эрмитажа.

Особенно высоко ценился плотный красно-коричневый, лилово-коричневый, желтый цветной камень из карьеров на острове Эланд в Швеции. Из его плит набраны полы и изготовлены надгробия в церквах и замках не только прибалтийских городов, но и более далеких мест, например в старой польской столице Гнезно.

ГРАНИТЫ

Граниты издревле относятся к числу наиболее распространенных, прочных и красивых строительных и облицовочных материалов. В архитектуре двух прибалтийских городов — Санкт-Петербурга и Хельсинки они сыграли значительную роль. Геолог объяснит это просто: территория Финляндии и Карелии почти точно соответствует Фенноскандинавскому геологическому щиту, а на таких территориях, во-первых, граниты распространены повсеместно и, во-вторых, геологические движения имеют характер плавного поднятия всей территории как единой плиты. Здесь нет резких складкообразовательных движений, и потому граниты на этих территориях иногда разбиты системами лишь редких прямых трещин. В таких местах удается добывать цельные блоки камня громадного размера — вспомним ствол Александровской колонны в Петербурге, его длина в готовом виде составляет 25,58 м, а вес — около 700 т.

В Петербурге гранит появился намного позднее плитчатого ордовикского камня. В 60-х годах XVIII века блоками (квадрами) розового финского гранита были облицованы Эрмитажный мост через Зимнюю канавку и Дворцовая набережная Невы. Гранит добывали на островах Финского залива и в нескольких других местах Финляндии вблизи границы с Россией. Камень называли розовым финским морским по его цвету и месту добычи. Ему было суждено стать одним из исторических символов Петербурга царских времен: его мы видим во всех старинных набережных, во внутренних колоннах Казанского собора, в параде 112 колонн Исаакиевского собора, в Александровской колонне, в подиумах зданий Дж. Кваренги, К. Росси и других мастеров классицизма. Можно привести множество других примеров. Без этого уникального финского камня немислимо представить большинство архитектурных памятников Петербурга.

Розовый финский морской гранит геологически относится к особой формации гранитов, называемой рапакиви. Граниты формации рапакиви образуются в пределах геологических щитов. Выходы таких гранитов известны в разных регионах мира. Но только в Финляндии, и не везде, а лишь в пределах так называемого Выборгского массива (рис. 3) встречаются именно те граниты, которые стали своеобразной метой архитектурных памятников Петербурга. Они почти сплошь



Рис. 3. Граниты Выборгского массива и путиловская плита из ордовикских толщ осадочных пород – два традиционных для Петербурга строительных камня

состоят из округлых, диаметром 3–5 см выделений калиевого полевого шпата $K(AlSi_3O_8)$ и таких же круглых овоидов – в них розовая сердцевина сложена калиевым полевым шпатом, а внешняя белесая или чуть зеленоватая кайма образована другим полевым шпатом – альбитом $Na(AlSi_3O_8)$ (рис. 4). Пространство между округлыми выделениями полевых шпатов заполнено другими минералами. Эта разновидность гранита рапакиви называется овоидальным гранитом (по его строению), выборгитом (по району его добычи), питерлитом (по шведскому названию каменоломни – Питерлак). Отметим также, что нигде, ни в одном городе мира нет примеров столь массового употребления этого гранита из его разработок в Финляндии. Дело в расстояниях и дороговизне этого гранита. А дороговизна определяется неповторимостью его рисунка.

Помимо розового финского морского гранита в архитектуре Петербурга нашли применение и другие граниты с территории Финляндии (в ее границах XVIII – середины XX века). Это прежде всего розовый валаамский (добывался в Финляндии Валаамским монастырем) и серый сердобольский (по старому названию города Сортавала) граниты.

В Хельсинки использование гранита пришло в архитектуру в пору царствования Александра I. К тому времени в Петербурге утвердился стиль классицизма. Многие помнят творения Дж. Кваренги – Главное здание Академии наук на Неве (1783–1789 годы), Смольный институт благородных девиц (1806–1808 годы) и

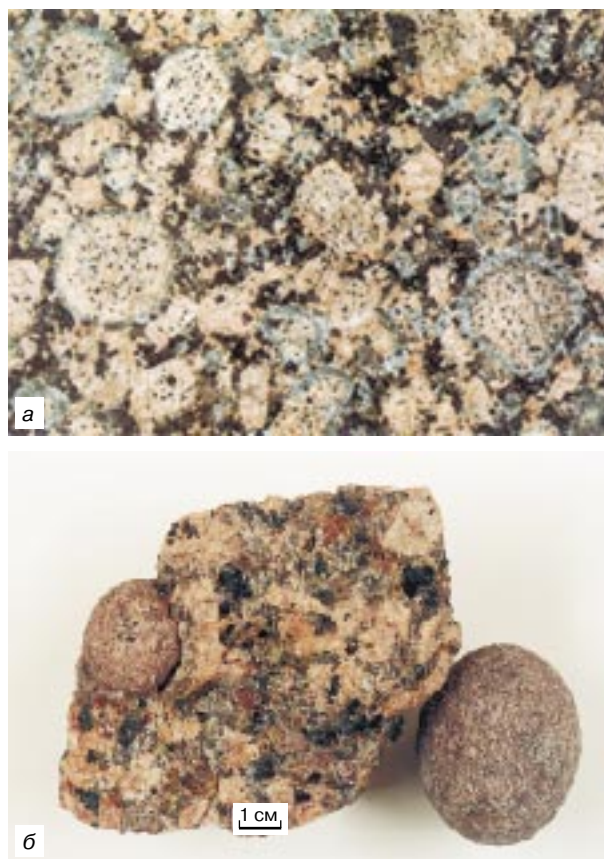


Рис. 4. Овоиды полевого шпата в граните рапакиви – вид в приполированной пластине и штуфе

К. Росси – Сенат и Синод (1829–1834 годы), Главный штаб (1818–1829 годы). Это был официальный стиль императорского Петербурга. Александр I перенес его в Хельсинки, ставший в 1812 году столицей Великого княжества Финляндского, автономного в составе Российской империи. Архитектор К. Энгель и другие возводили здания, стилистически подобные петербургским. В этом отношении особо характерны здания Сената (1818–1822 годы) и собора св. Николая (1830–1840 годы), как и в Петербурге, они возвышаются на мощных подиумах, облицованных гранитом.

Новый импульс использованию гранитов дало в конце XIX–начале XX века обращение архитекторов Хельсинки к стилям национального романтизма. Примером может служить здание Телефонной компании (архитектор Л. Сонк, 1905 год), оно сооружено в виде скандинавского замка, целиком облицованного гранитом.

Любопытная деталь бросилась в глаза автору: он внимательно обследовал все здания и нигде в Хельсинки не нашел случаев использования розового финского морского гранита. Видимо, практичные финны нашли

у себя в царстве гранитов другие сорта камня для своих построек, а их уникальный, нигде не повторенный природой гранит добывают только для экспорта, в старое время — для царской столицы России, а сейчас вывозят его за границу. Автор встретил этот гранит далеко от Финляндии — в зданиях богатых банков и фирм в ЮАР, Англии, США.

Объем статьи не позволяет описать все типы и разновидности гранитов, использованные в архитектуре прибалтийских городов. Вглядевшись в рисунок камня в полированных плитах фасадов, можно найти разные минералы, увидеть характер их распределения в граните, сделать заключения о последовательности их кристаллизации и, быть может, связать их с различными гипотезами формирования гранита, обзор которых был дан В.С. Поповым [9], Л.Л. Перчуком [10] и Л.В. Махлаевым [11].

ДВЕ РЕДКИЕ ГОРНЫЕ ПОРОДЫ

Конечно, в каждой местности есть особенные строительные материалы — каменные и любые другие. Есть они и среди горных пород, использованных в архитектуре прибалтийских городов. Назовем лишь два: мыльный или горшечный камень и шокшинский порфир.

Мыльный или горшечный камень — это мягкие древние (протерозойские) сланцы особого минерального состава. Они состоят из карбонатов — кальцита CaCO_3 , магнезита MgCO_3 , доломита $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ и слоистых гидросиликатов — талька $\text{Mg}_3(\text{Si}_4\text{O}_{10})(\text{OH})_2$ и значительно более сложного по составу хлорита. Камень имеет высокодекоративную светлую окраску разного цвета: желтую, серую, зеленовато-серую, коричнево-желтую, а благодаря своей мягкости легко поддается резке скульптора. Месторождения этого камня редки и разрабатывались лишь в нескольких местах в Финляндии и Швеции. Наиболее известны карьеры у финского села Нуннанлахти, где они разрабатываются и сейчас фирмой “Туликиви”.

Горшечный камень был одним из наиболее любимых материалов у архитекторов периода модерн в конце XIX — начале XX века. Начало его использования, пожалуй, можно связать с именем архитектора Л. Сонка, который при создании католического собора св. Михаила в Турку (1894—1904 годы) заполнил пространство наружных стен под витражами огромных окон поразительными горельефами, выполненными из горшечного камня — это были лесные травы и грибы. Затем резные изображения сов, филинов, зайцев, медведей, папоротников, гномов стало неотъемлемым украшением фасадов, решенных в стиле северного модерна. В Стокгольме, Хельсинки, Турку, Петербурге много таких зданий. Пожалуй, наиболее известны дом компа-

нии Похьюола (1899—1909 годы) и Национальный театр в Хельсинки (1902 год), Музей изобразительных искусств в Турку (1908 год). В Петербурге эти здания более скромны, но резьба по талько-хлоритовому сланцу изящна и привлекательна. Стоит обратить внимание на филина у входа в магазин в бывшем доходном доме М.Б. Воейковой (1909—1910 годы) на Невском проспекте, 72 (рис. 5) и на папоротник, ящерику, грибы, рысей, зайцев на фасадах бывшего дома И.Б. Лидваль (1902—1904 годы) на Каменноостровском проспекте, 1—3.

Шокшинский порфир еще более редок и уникален, чем горшечный камень. Это плотный, твердый, хорошо полируемый материал с ровной окраской красных оттенков. Он всем известен по надписи “ЛЕНИН” на мавзолее и по каменным блокам в память городов-героев у Могилы Неизвестного солдата в Москве. Известно пока единственное месторождение этого камня. Оно находится на юго-западном берегу Онежского озера у села Шокша.

С точки зрения геолога, шокшинский порфир — это кварцито-песчаник древнего (протерозойского) возраста. Он образовался в результате метаморфизма (полного преобразования в глубинных условиях) первичноосадочных песчаных отложений. Они состояли из кварцевых песчинок и были окрашены железными охрами — нечто вроде ржавых песков, которые сейчас можно видеть в обрывах и на пляжах. После метаморфизма породы стали очень плотными и крепкими, все железные охры превратились в мельчайшие (не более 0,1 мм) пластинки оксида железа Fe_2O_3 . Этот



Рис. 5. Горшечный камень — прекрасный материал для резца скульптора (Петербург, Невский просп., 72)

минерал называется гематитом (по цвету, от гематикус – кровавый). Он и дал цвет шокшинскому порфиру.

Случаи использования этого камня были в старину немногочисленны и особо торжественны. Назовем пьедестал памятника Николаю I в Петербурге (рис. 6) и, конечно же, саркофаг Наполеона в Доме инвалидов в Париже.



Рис. 6. Шокшинский порфир в пьедестале памятника Николаю I в Петербурге

ПРОЦЕССЫ РАЗРУШЕНИЯ КАМНЯ В ГОРОДСКОЙ СРЕДЕ

Во всех городах процессы разрушения камня едины и одинаково трудноустранимы. Это механические воздействия на камень при его обработке и в уже возведенном сооружении, физическое выветривание под действием климатических условий, химическая реакция камня с веществами в воздухе и дождевых водах, биологические процессы его разрушения и, наконец, активные действия человека. Громадная литература посвящена этим процессам, идущим в разных городах мира. Обзор применительно к Санкт-Петербургу сделан в двух наших книгах [4, 5]. Коснемся вкратце химических реакций и биологических процессов.

Городская атмосфера оказывает вредное влияние на любые горные породы, но более всего на содержащие в своем составе кальцит CaCO_3 и доломит $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$, то есть на мраморы, известняки, песчаники с карбонатным цементом. Наиболее устойчивым оказывается горшечный (мыльный) камень, так как он гидрофобен из-за большого количества гальки и хлорита в его составе.

Из газов в городской атмосфере наиболее губельны для камня углекислый и сернистый газы, которые, растворяясь в воздушной влаге и дождевой воде, образуют анионы угольной и серной кислот. Углекислота растворяет карбонаты – кальцит и доломит и в результате возрастает пористость камня. Анион $(\text{SO}_4)^{2-}$ превращает кальцит в гипс $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, а доломит – в смесь гипса и эпсомита $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$. Эти новые вещества имеют значительно больший молекулярный объем. Под кристаллизационным давлением растущих веществ камень растрескивается, вспучивается, делается рыхлым, легко осыпается. Аналогичное действие оказывают включения зерен пирита FeS_2 и других сульфидов в мраморах и карбонатных породах. Они сначала переходят в сульфат железа FeSO_4 , а затем он превращается в ржавую смесь гидроксидов железа типа FeOОН . В результате камень растрескивается, в нем появляются бурые пятна.

Зеленые потёки образуются в мраморах вблизи бронзовых изделий. Бронза (сплав меди и олова) вступает во взаимодействие с углекислотой и сернистым ангидридом, и медь переходит в атмосферную влагу и дождевую воду. Затем медь этих растворов взаимодействует с кальцитом мраморов и известняков с образованием зеленых пятен. Пигментом является малахит $\text{Cu}_2(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$ и другие медистые вещества. На самой бронзе образуется патина. По определениям В.И. Михеевой, О.В. Франк-Каменецкой, С.Г. Тучинского, А.В. Михеевой, выполненным в 90-х годах XX века на памятниках в Петербурге, в состав патины входят сульфаты меди $\text{Cu}_3(\text{SO}_4)(\text{OH})_4$ и $\text{Cu}_4(\text{SO}_4)(\text{OH})_6$, гидрохлорид меди $\text{Cu}_2\text{Cl}(\text{OH})_3$, оксиды меди Cu_2O и CuO .

Микробиологические факторы выветривания камня изучены мало. Известно, что на поверхности камня часто присутствуют бактерии, водоросли, грибы и лишайники, но сложность наблюдения за процессами их жизнедеятельности лежит в основе все еще недостаточной изученности роли этих организмов в разрушении камня в городской среде. Установлено громадное число микромицет на поверхности гранитов и мраморов. А.А. Горбушина так описывает процесс колонизации ими мрамора: “Первоначально на поверхности камня формируются компактные микроколонины, от которых в толщу субстрата отходят “проникающие гифы” (рис. 7). Такие гифы способны ветвиться и менять

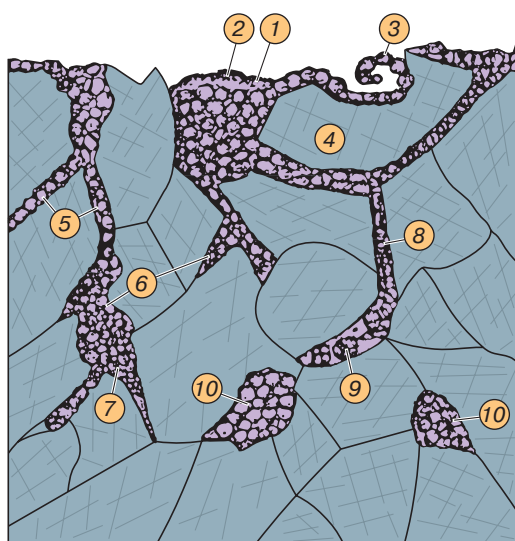


Рис. 7. Микромицеты на поверхности и вблизи поверхности мрамора (по А.А. Горбушиной). Размер зерен мрамора 0,5–2 мм: 1–3 – морфологически разные типы на поверхности камня, 4 – зерна кальцита, 5–9 – проникающие внутрь гифы и микроколонии, 9, 10 – эндолитные формы

характер роста, что позволяет им заполнять пространство между кристаллами и нередко полностью оплести последние. Это процесс сопровождается расширением трещин и лежит в основе отслаивания поверхностных чешуй мрамора и разрушения поверхностного слоя. Достижение растущими гифами естественной полости приводит к ее постепенному заполнению за счет изменения характера роста гриба. Сформировавшаяся таким образом микроколония может служить источником возникновения новых проникающих гифов, которые либо углубляются в толщу субстрата, либо развиваются в других направлениях, охватывая новые кристаллы. В некоторых случаях наблюдался переход к полностью эндолитному существованию. С.М. Сухаржевский показал, что одним из процессов, регулирующих жизнедеятельность микроорганизмов, является перевод ими марганца горной породы из одного валентного состояния в другое.

Все же главным фактором разрушения (или сохранения) камня в городской среде является жизнедеятельность человека. Описываемые города находятся в одинаковой географической ситуации и в сходных климатических условиях. Надо лишь один раз взглянуть на старинные, но словно не тронутые временем здания Стокгольма, богато и разнообразно декорированные камнем, сравнить их с хорошим состоянием зданий в Хельсинки, увидеть плохую сохранность тех же видов камня в Петербурге, чтобы понять, что самым

мощным является антропогенный фактор воздействия на камень. Подчас это тот главный и, к сожалению, отрицательный фактор, от которого в основном и зависит плохое состояние камня в городской среде

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статье рассмотрены некоторые аспекты геологии и сделана попытка связать эту науку с представлениями о естественной среде обитания человека и характере химических и биологических факторов разрушения камня. На этих примерах, как и в статье о сущности минерала [12], еще раз демонстрируется связь геологии и других естественных наук. Автор благодарен А. Ульянову и А. Шебанову за уникальный штупф овидалного гранита и его фотографию.

ЛИТЕРАТУРА

1. Легgett P. Город и геология. М., 1976. 558 с.
2. Лебединский В.И., Кириченко Л.П. Книга о камне. М., 1989. 191 с.
3. Вахрушев В.А. Камень – человек – время. Новосибирск, 1991. 174 с.
4. Булах А.Г., Абакумова Н.Б. Каменное убранство центра Ленинграда. Л., 1987. 198 с.
5. Булах А.Г., Абакумова Н.Б. Каменное убранство главных улиц Ленинграда. СПб., 1993. 180 с.
6. Булах А.Г., Абакумова Н.Б. Каменное убранство Петербурга: Город в необычном ракурсе. СПб., 1997. 193 с.
7. Булах А.Г. Каменное убранство Петербурга: Этюды о разном. СПб., 1999. 150 с.
8. Петров В.П. Сложные загадки простого строительного камня. М., 1984. 150 с.
9. Попов В.С. Как образуются граниты // Соросовский Образовательный Журнал. 1997. № 6. С. 64–69.
10. Перчук Л.Л. Глубинные флюидные потоки и рождение гранита // Там же. С. 56–63.
11. Махлаев Л.В. Граниты – визитная карточка Земли (почему их нет на других планетах) // Там же. 1999. № 3. С. 95–102.
12. Булах А.Г. Что такое минерал // Там же. № 6. С. 68–74.

Рецензент статьи Д.Ю. Пушаровский

Андрей Глебович Булах, доктор геолого-минералогических наук, профессор кафедры минералогии Санкт-Петербургского государственного университета. Область научных интересов – общая минералогия, минералогия редкометалльных месторождений, природный камень в истории культуры. Автор и соавтор более 20 научных книг и многочисленных статей, автор учебников и учебных пособий для студентов.