

УДК 582.29:620.193.83

**RUSAVSKIA ELEGANS (LINK.)**  
**S. KONDR. & KÄRNEFELT НА СТЕНАХ**  
**СОЛОВЕЦКОГО МОНАСТЫРЯ: БИОПОВРЕЖДЕНИЕ**  
**ИЛИ БИОЗАЩИТА?**

А.В. Пчелкин<sup>1</sup>

Во время реставрационных работ со стен Соловецкого монастыря были частично удалены талломы лишайника *Rusavskia elegans*. Специальные исследования показали, что этот вид лишайника не оказывает отрицательного воздействия на камни Соловецкого монастыря. Под талломами *Rusavskia elegans* субстрат несколько более прочен, но на большинстве пробных площадок для уровня значимости 0,05 по *t*-критерию Стьюдента нет достоверных различий между прочностными характеристиками бетона на участках под талломами лишайников и на контрольных участках; на одной площадке отмечено достоверное положительное влияние талломов этого вида на субстрат. Удаление лишайника со стен нанесет вред монастырским стенам.

**Ключевые слова:** лишайники, *Rusavskia elegans*, реставрация, биозащита, биоповреждение, биологическое выветривание, Соловецкий монастырь.

Спасо-Преображенский Соловецкий ставропигиальный мужской монастырь, основанный в 1436 г., один из самых известных и почитаемых в России. Монастырь стал не только духовным, но и крупнейшим культурным центром. Недаром в 1992 г. комплекс памятников Соловецкого музея-заповедника был внесен в список Всемирного наследия ЮНЕСКО, а в 1995 г. в Государственный свод особо ценных объектов культурного наследия народов Российской Федерации. Летом 1916 г. острова Соловецкого архипелага посетил знаменитый фотограф Сергей Михайлович Прокудин-Горский. На его цветных фотографиях мы видим стены Соловецкого монастыря, покрытые золотистым узором из лишайника *Rusavskia elegans* (Link.) S. Kondr. & Kärnefelt, доминирующего вида на монастырских стенах (Пчелкина и др., 2012). Для этого растения характерно очень высокое содержание (0,2–0,4 мг·г<sup>-1</sup> от сухой массы) каротиноидов (Сонина, 2014).

В 2016 г. на территории Соловецкого монастыря были начаты реставрационные работы, в ходе которых талломы *Rusavskia elegans* были удалены жесткими металлическими щетками с Арсенальной, Архангельской и Никольской башен, а также с прясел между Арсенальной башней и Святыми Вратами, между Архангельской башней, Белой и Поваренной башней. Реставраторы обосновывали свои действия тем, что лишайники

разрушают природные валуны, из которых сложены стены. В контексте этого хочется отметить сбалансированную позицию представителей Русской Православной Церкви и процитировать слова Святейшего патриарха Кирилла, сказанные им в ризнице Соловецкого монастыря на рабочем совещании по вопросам развития Соловецкого архипелага 20 августа 2017 г.: «Хотел бы обратить особое внимание на реставрацию башен и стен монастыря. Их очистка от лишайника вызвала негативные отзывы как в научном сообществе, так и в СМИ. Специалисты утверждают, что внешний вид башен и стен, которые являются визитной карточкой Соловков, в случае их очистки от лишайника изменится. Подготовлен проект обследования строительных материалов башен и стен ансамбля. К сожалению, в этом проекте по-прежнему констатируется факт разрушающего воздействия лишайника на микроструктуру валунного камня. Хотел бы еще раз сказать: нам нужно очень тщательно изучить эту тему, так как есть разные мнения, в том числе среди специалистов, но в любом случае сегодня нельзя настаивать на очистке стен, за исключением отдельных частей, где растут деревья, трава и так далее» (<http://solovki-monastyr.ru/news/978/>).

Вопрос о воздействии эпилитных лишайников на субстрат и их участии в биологическом выветривании остается дискуссионным, и в этом плане зачистка стен Соловецкого монастыря от лишай-

<sup>1</sup> Пчелкин Алексей Васильевич – вед. науч. сотр. Лаборатории антропогенных изменений климатической системы, ФГБУН Институт географии РАН, докт. биол. наук (pchelkin@igras.ru).

ников противоречит «Международной Хартии по консервации и реставрации памятников и достопримечательных мест (Венецианская Хартия)» от 31 мая 1964 г., где в п. 9 отмечено: «Реставрация прекращается там, где начинается гипотеза». Безусловно, что и без лишайников каменистый субстрат в природных условиях подвержен разрушению. Деструкция скального субстрата происходит в результате чередования процессов расширения и сжатия, химических, температурных, гидрологических процессов. При этом происходит ослабление межзерновых связей в породе (Дэвлет, 2002). Так, один из основных видов разрушения связан с температурными колебаниями при инсоляции, когда поверхностные части скального субстрата нагреваются сильнее нижних, что приводит к образованию и отслоению корок и «мучнисто-чешуйчатому разрушению вследствие ослабления межзерновых связей различных компонентов минералов, имеющих неодинаковые коэффициенты термического расширения» (Агеева и др., 1993), например гранита, и разрыхлению поверхностного слоя. Этот процесс ускоряется за счет накопления в трещинах влаги с последующим ее замерзанием, особенно во время циклов при переходе через 0 °С, т.е. при циклах замораживания-оттаивания. Отрицательное воздействие на сохранность скального субстрата оказывает и ветровая эрозия. Часть исследований, в которых утверждалась деструктивная роль эпилитных лишайников (Ascaso et al., 1990; Piervittori et al., 2004), базировалась на обнаружении грибных гиф в межзерновых пространствах скальной породы (Wierzchos, Ascaso, 1998), на более рыхлой структуре субстрата под талломами и выделяемой некоторыми видами щавелевой кислоты. Так, гифы микобионта накипного эпилитного лишайника *Lecidea sarcogynoides* Körb. проникали в песчаник на глубину 3,21 мм (Wessels, Schoeman, 1988) и в кварцит на глубину 1,12 мм (Cooks, Otto, 1990). Однако возникает закономерный вопрос: разрыхление субстрата произошло в результате деятельности лишайников или лишайники предпочитают селиться на камнях, уже подвергшихся абиотическому выветриванию (Walderhaug, Walderhaug 1998; Bakkevig 2004)? Как указывает Д. Пинна (Pinna, 2014), обнаружение микроорганизмов-биообрастателей (включая лишайники) не означает, что они априори являются биодеструкторами, а пространство между зернами гранита достаточно велико, чтобы гифы микобионта проникли в межзерновое пространство и без специального давления. С биологической стратегии выживания, разрушение субстрата лишайниками при колонизации представляется

несколько нелогичным. Если аскоспора попадает в благоприятные условия и прорастет, сформировав прототаллус, необходимым условием образования таллома лишайника становится наличие подходящего фотобионта, при отсутствии которого прототаллус через некоторое время отмирает. При размножении вегетативными пропгулами стадия поиска нужного фотобионта отпадает, но даже при успешном образовании таллома дальнейшее развитие лишайников не может считаться гарантированным: на камнях возникает жесткая межвидовая конкуренция за субстрат. В таких условиях осуществлять деструкцию субстрата означает «пилить сук, на котором сидишь», а применительно к эпилитным видам – «разрушать камень, на котором растешь». При этом виды, которые способствуют стабильности субстрата, получают конкурентное преимущество, что должно закрепляться в процессе эволюции. Весьма интересны работы, в которых отмечена положительная роль лишайников в сохранении каменистого субстрата (Ariño et al., 1995; Wendler, Prasartet, 1999; Drewello, Drewello, 2000; Hoppert et al., 2004; Pinna, 2014). В зависимости от формы микрорельефа скальной поверхности талломы лишайников (особенно листоватой жизненной формы) смягчают температурные контрасты и препятствуют физическому разрушению камня. Они формируют своеобразное термоизолирующее покрытие, смягчающее воздействие дождевых капель, снежной крупы и защищающее от ветровой и водной эрозии (Carballal et al., 2001; Bungartz et al., 2004; Garcia-Vallis et al., 2003). С помощью гиф микобионта, действующих как губка, уменьшается уровень воды внутри скального субстрата (Carter, Viles, 2003). Корреляция растворимости минералов скальных пород в результате воздействия лишайниковых веществ и скорости микробиологической колонизации скальной поверхности изучена еще недостаточно (Davis, Luttge, 2005). Существуют исследования как подтверждающие большую растворимость минералов под талломами лишайников (Jackson, Keller 1970; Brady et al, 1999), так и опровергающие этот факт (Prieto Lamas et al. 1995). Разрушение скальной поверхности происходит и без участия лишайников при достаточно резком чередовании нагрева и охлаждения. Это происходит при переменной облачности, когда периоды прямой инсоляции (период нагрева) быстро сменяются тенью (период охлаждения). Скальная поверхность под талломами лишайников медленнее нагревается и медленнее охлаждается. Особенно критичен период перехода температуры через «ноль». Тогда при небольшой

отрицательной температуре окружающей среды и увлажненной скальной поверхности происходит чередование периодов замерзания и оттаивания воды, смачивающей поверхность камней и проникающей в микротрещинки. В этих случаях талломы лишайников частично принимают этот «температурный удар» на себя, смягчая температурные колебания (Lee, Parsons 1999). Термоизолирующее свойство лишайников наиболее сильно проявляется у полых талломов, например у *Rusavskia elegans*. А именно этот вид доминирует на стенах Соловецкого монастыря. Для тропических районов эффект перехода через ноль не актуален, но для территории, на которой расположен Соловецкий монастырь это обычное явление. В ряде работ отмечается, что лишайники и биологические пленки, обволакивая зерна скального субстрата, скрепляют его и защищают от дальнейшего выветривания (Pinna, 2014; Lee, Parsons, 1999).

Обычно лишайниковый покров удаляют с наскальных изображений, так как лишайники скрывают петроглифы, которые должны быть доступны для визуального восприятия; в этом случае удаление лишайников частично оправданно (Дмитриева, Пчелкин, Фараджев, 1995). Однако некоторые исследователи отмечают, что процесс очистки скального субстрата от лишайников может нанести ощутимый вред самому субстрату (Pinna, 2014; Scheerer et al., 2009). Как справедливо замечает Е.Г. Дэвлет «сам факт, что наскальные изображения дошли до наших дней, является в какой-то мере показателем того, что условия окружающей среды были благоприятны, а их нарушение зачастую и ведет к возникновению разрушений» (Дэвлет, 2002). В свете всех этих фактов при оценке воздействия лишайников на скальный субстрат многие исследователи ставят следующие вопросы: зависит ли деструктивное воздействие лишайников на субстрат от видовой принадлежности, конкретных климатических условий, типа минерала, а если зависит, то в какой степени? Могут ли лишайники, или, по крайней мере, отдельные виды лишайников, обеспечивать сохранность минералов и предохранять их от выветривания? И не являются ли работы по удалению лишайников самыми разрушительными из всех видов деструкции? (Hugen, 2006). Использование биоцидов для удаления лишайников тоже допустимо лишь в исключительных случаях. Нередко для сохранения эстетического облика старых зданий, например церквей, предусматриваются специальные мероприятия по сохранению лишайников во время реставрационных работ (Watt, 2006), а также меро-

приятия по интенсификации колонизации лишайниками зданий для придания им эстетического и исторического облика (Richardson, 1975).

Противоречия при оценке роли лишайников в биологическом выветривании можно объяснить тем, что обсуждаются лишайники в целом. Многие исследователи считают, что деструкцию скального субстрата вызывают не все, а только лишь некоторые виды лишайников (Chen et al, 2000). Лишайники – это не только полифилетическая, биологическая, но и полиморфологическая группа (Флора лишайников России, 2014; Lichen biology, 2008), различающаяся по морфологии, биохимии (Вайнштейн и др., 1990) и, следовательно, по степени воздействия на субстрат, т.е. каждый вид лишайников нужно рассматривать индивидуально.

### Материалы и методы

Работа проведена во время комплексной командировки экспертов 22–26 июня 2017 г. Для оценки воздействия *Rusavskia elegans* на стены Соловецкого монастыря было необходимо провести исследования на субстрате, однородном по составу. Для этого был предложен метод, ориентировочно названный «методом скользящего луча». Этот метод основан на выявлении теневого контраста при освещении исследуемой поверхности лучом от точечного источника света под острым углом и формировании на скальной поверхности светового пятна в виде сильно вытянутого эллипса. Недостаток этого метода заключается в том, что он хорошо работает только на ровных поверхностях, в то время как валуны, из которых сложены стены Соловецкого монастыря, имеют неровную поверхность. К счастью, вблизи монастыря, в пос. Соловецкий в конце XX в. была проложена линия электропередач (ЛЭП) на бетонных столбах. На этих столбах, имеющих в сечении квадратную форму, начали развиваться талломы *Rusavskia elegans*, формируя округлые талломные розетки. Структура каменистого субстрата столбов ЛЭП и валунов, из которых сложены стены Соловецкого монастыря, различна. Бетон, из которого сделаны столбы ЛЭП, гораздо менее прочен, но это можно рассматривать как преимущество – деструкция (если таковая имеется) бетонной поверхности под талломами лишайников должна проявиться гораздо быстрее и отчетливее. Кроме того, бетон столбов имеет однородную структуру как на тех участках, где развиваются талломы, так и на участках, свободных от лишайников. Для оценки воздействия лишайников на субстрат были заложены 4 пробных площадки, на которых проводилась зачистка металлической

губкой талломов лишайника *Rusavskia elegans* до субстрата (от краев таллома делали отступ с таким расчетом, чтобы образовался квадрат со сторонами в 50 мм, и проводили зачистку на этой площадке). Вблизи выделяли контрольный участок аналогичной площади без талломов и на нем также делали имитацию зачистки металлической губкой. Это было сделано для того, чтобы исключить потенциальное разрушение субстрата металлом, даже если не было предварительного ослабления прочностных свойств бетона под талломами, так как потенциально металлическая губка могла бы повредить каменистую поверхность и без участия лишайника. На исследуемой площадке и на контрольном участке было сделано несколько измерений методом «скользящего луча». Измерения проводили под разными ракурсами, поскольку поверхность бетонных столбов изначально не была идеально гладкой и оценку можно было провести только на основании статистических расчетов достаточного объема выборки и только при сравнении с контрольными участками. В нашем случае было сделано по 45 измерений для каждой из пробных и контрольных площадок. В случае недостаточного освещения для формирования узконаправленного луча был использован точечный светодиодный фонарь с возможностью регулировки угла излучения. В солнечную погоду оказалось возможным использовать скользящий луч от зеркала, направляя его под острым углом к изучаемым площадкам. Пробные площадки: x1, x2, x3, x4 – с талломами; x1k, x2k, x3k, x4k – контроль (таблица).

Оценку проводили по трехбалльной шкале, основанной на предположительных вариантах воздействия *Rusavskia elegans* на бетон:

1) воздействие на субстрат негативное, происходит разрыхление и выпадение составляющих компонентов бетона, формируется углубление (по сравнению с контролем);

2) воздействие отсутствует, поверхность после зачистки одинаковая как на исследуемой, так и на контрольной площадках;

3) воздействие положительное, под талломами субстрат более прочен, чем вне зоны произрастания лишайников и после зачистки отмечается выпуклость.

Для статистических расчетов использовали программу статобработки STADIA. Вычисляли стандартную описательную статистику (среднюю, ошибку средней, дисперсию, сумму значений, ошибку стандартного отклонения, доверительный интервал).

Кроме того, на валунах стен Соловецкого монастыря нами было проведено измерение pH как

под талломами доминирующего вида *R. elegans*, так и на контрольных участках (свободных от лишайников). Для этого на исследуемые участки наносили каплю воды, слегка размешивали и затем измеряли pH с помощью индикаторной бумаги. Вода, взятая для проведения анализа, представляла собой талую снеговую воду слабокислой реакции (pH 5,5–5,6). Слабокислая реакция талой воды объясняется тем, что при выпадении осадков в ней растворяется некоторое количество двуокси углерода, содержащегося в атмосфере.

Для оценки возможного отслоения субстрата из-за воздействия талломов *R. elegans* было проведено изучение нижней поверхности талломов при их естественном выпадении. Талломы, прикрепляющиеся к субстрату участками нижней поверхности и не образующие ризин, ризоидов, гаптер, держатся на камне довольно слабо, и у старых талломов центральная часть нередко выпадает, образуя концентрические кольца. Для оценки воздействия на субстрат был взят центральный участок таллома *R. elegans*, произрастающей на гранитной поверхности валуна монастырской стены с южной части (возле Белой башни). Для анализа выбран такой таллом, который уже отслоился и держался на камне только за счет сохранившейся связи с остальным растением. Его воздействие оценивали, изучая нижнюю поверхность. Если таллом отслаивает кусочки камня, они должны обязательно присутствовать на его нижней стороне. Изучение проводили с помощью полевого микроскопа (40-кратное увеличение).

## Результаты и обсуждение

По результатам измерений методом «скользящего луча» прочностные характеристики бетона ЛЭП, измеренные по трехбалльной шкале под талломами *Rusavskia elegans*, оказались несколько лучшими (среднее значение по всем пробным площадкам с талломами  $2,08 \pm 0,09$ ), чем на контрольных, без талломов *Rusavskia elegans* (среднее значение по площадкам без талломов  $1,90 \pm 0,08$ ). Результаты измерений приведены в таблице.

### Вычисления описательной статистики прочностных характеристик бетона

Для оценки достоверности воздействия использовали *t*-критерий Стьюдента с уровнем значимости 0,05 и критерий Фишера. Выясняли, существует ли различие между выборочными средними и выборочными дисперсиями. Результаты измерений показали, что под талломами *Rusavskia elegans* субстрат несколько более прочен, отмечены выпу-

Описательная статистика для *Rusavskia elegans* по отдельным площадкам

Площадка	Среднее	Ошибка средней	Повторность
x1	2,11	0,09	45
x1k	1,93	0,09	45
x2	1,96	0,1	45
x2k	1,89	0,09	45
x3	2,16	0,09	45
x3k	1,8	0,09	45
x4	2,09	0,10	45
x4k	1,98	0,08	45

клости, но на большинстве площадок для уровня значимости 0,05 нет достоверных различий между прочностными характеристиками бетона на участках под талломами лишайников и на контрольных участках. Особый интерес представляет пробная площадка № 3, где зафиксирована достоверная разница между участком под талломом и контролем, т.е. отмечено положительное воздействие – бетон под талломом лишайника оказался достоверно более прочным ( $2,16 \pm 0,09$ ), чем на контрольном участке ( $1,8 \pm 0,09$ ). Результаты измерения pH под талломами лишайников и на контрольных участках показали отсутствие различий (pH 5,5–5,6), т.е. не зафиксировано подкисления субстрата лишайниками. Микроскопические исследования нижней поверхности таллома *Rusavskia elegans* показали, что на нем отсутствуют фрагменты каменистого субстрата, т.е. не наблюдается механического воздействия таллома данного вида на валуны мона-

стырских стен и отрыва зерен при естественном возрастном отслоении лишайника.

### Выводы

Результаты измерений, проведенных на бетоне (материале, гораздо менее прочном, чем гранит) позволяют заключить, что талломы *Rusavskia elegans* не оказывают деструктивного воздействия на гранитные валуны, из которых сложены стены Соловецкого монастыря, а удаление этого вида лишайника может нанести вред скальной поверхности.

Автор выражает благодарность Н.Н. Черенковой и Л.В. Евгеньевой, обратившим внимание на проблему изменения облика Соловецкого монастыря в результате удаления лишайников, а также сотрудникам Централных научно-реставрационных проектных мастерских за организацию исследований.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

#### [REFERENCES]

- Агеева Э.Н., Антонова Е.И., Ребрикова Н.Л., Сизов Б.Т. Шишкинские писаницы. Результаты обследования и предложения по их сохранению // Памятники наскального искусства. М., 1993. С. 25–29 [Ageeva E.N., Antonova E.I., Rebrikova N.L., Sizov B.T. Shishkinskie pisanitsy. Rezul'taty obsledovaniya i predlozheniya po ikh sokhraneniyu // Pamyatniki naskal'nogo iskusstva. M., 1993. S. 25–29].
- Вайнштейн Е.А., Равинская А.П., Шапиро И.А. Справочное пособие по хемотаксономии лишайников. Л., 1990. 152 с. [Vainshtejn E.A., Ravinskaya A.P., Shapiro I.A. Spravochnoe posobie po khemotaksonomii lishainikov. L., 1990. 152 s.].
- Дмитриева М.Б., Пчелкин А.В., Фараджев А.А.. К вопросу о современном состоянии петроглифов Залавруги // Вестник карельского краеведческого музея. Сб. науч. тр. 1995. Вып. 3. С. 88–97 [Dmitrieva M.B., Pchelkin A.V., Faradzhev A.A. K voprosu o sovremennom sostoyanii petroglifov Zalavrugy // Vestnik karel'skogo kraevedcheskogo muzeya. Sb. nauch. tr. 1995. Вып. 3. С. 88–97].
- Дэвлет Е.Г. Памятники наскального искусства. Изучение, сохранение, использование. М., 2002. 239 с. [Devlet E.G. Pamyatniki naskal'nogo iskusstva. Izuchenie, sokhranenie, ispol'zovanie. M., 2002. 239 s.].
- Пчелкина Т.А., Слепов В.Б., Пчелкин А.В. Лихенологические исследования на Соловецких островах // Современная микология в России. III съезд микологов России. Тез. докл. М., 2012. С. 248 [Pchelkina T.A., Slepov V.B., Pchelkin A.V. Likhnologicheskie issledovaniya

- na Solovetskikh ostrovakh // *Sovremennaya mikologiya v Rossii. 3-i s'ezd mikologov Rossii, Tezisy dokladov.* М., 2012. S. 248].
- Сонина А.В.* Морфолого-физиологические адаптации эпилитных лишайников к нестабильным условиям побережий Голарктических морей // *Лихенология в России: актуальные проблемы и перспективы исследований. Программа и труды II Междунар. конф., посвященной 300-летию Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН и 100-летию Института споровых растений (Санкт-Петербург, 5–8 ноября 2014 г.)*. СПб., 2014. С. 141–146 [*Sonina A.V.* Morfologo-fiziologicheskie adaptatsii epilitnykh lishainikov k nestabil'num usloviyam poberezhii Golark-ticheskikh morej // *Likhenologiya v Rossii: aktual'nye problemy i perspektivy issledovaniy. Programma i trudy II Mezhdunar. konf., posvyashchennoi 300-letiyu Botanicheskogo instituta im. V.L. Komarova RAN i 100-letiyu Instituta sporovykh rastenii (Sankt-Peterburg, 5–8 noyabrya 2014 g.)*. SPb., 2014. S. 141–146].
- Флора лишайников России: биология, экология, разнообразие, распространение и методы изучения лишайников. Под ред. М.П. Андреева, Д.Е. Гимельбранта. М.; СПб., 2014. 392 с. [Flora lishainikov Rossii: biologiya, ekologiya, raznoobrazie, rasprostraneniye i metody izucheniya lishainikov. Pod red. M.P. Andreeva, D.E. Gimel'branta. М.; SPb., 2014. 392 s.].
- Ariño X., Ortega-Calvo J.J., Gomez-Bolea A., Saiz-Jimenez C.* Lichen colonization of the Roman pavement at Baelo Claudia (Cadiz, Spain): biodeterioration vs. bioprotection // *Sci. Total Environ.* 1995. N 67. P. 353–363.
- Ascaso C., Sancho L.G., Rodriguez-Pascual C.* The weathering action of saxicolous lichens in maritime Antarctica // *Polar Biology.* 1990. N 11. P. 33–39.
- Bakkevig S.* Rock Art Preservation: Improved and Ecology-based Methods can give Weathered Sites Prolonged Life // *Norwegian Archaeological Review.* 2004. Vol. 37. N 2. P. 65–81.
- Brady P.V., Dorn R.I., Brazel A.J., Clark J., Moore R.B., Glidewell T.* Direct measurement of the combined effects of lichen, rainfall, and temperature on silicate weathering // *Geochimica et Cosmochimica Acta.* 1999. Vol. 63. Issue 19–20. P. 3293–3300.
- Carter, N.E.A., Viles, H.A.* Experimental investigations into the interactions between moisture, rock surface temperatures and an epilithic lichen cover in the bioprotection of limestone // *Build. Environ.* 2003. N 38. P. 1225–1234.
- Chen J., Blume H.-P., Beyer L.* Weathering of rocks induced by lichen colonization – a review // *Catena.* 2000. N 39. P. 121–146.
- Cooks J., Otto E.* The weathering effects of the Lichen *Lecidea aff. Sarcogynoides* Koerb. on Magaliesberg Quartzite // *Earth Surf. Processes Landforms.* 1990. N 15. P. 491–500.
- Davis K. J., Luttge A.* Quantifying the relationship between microbial attachment and mineral surface dynamics using vertical scanning interferometry (VSI) // *Am. J. Sci.* 2005. N 305. P. 727–751.
- Drewello R., Drewello U.G.* Flechten auf Denkmälern: Indikatoren und Vermittler zwischen Denkmal- und Naturschutz // *Rundgespräche der Kommission für Ökologie.* Bd 36 “Ökologische Rolle der Flechten”. 2000. S. 161–180.
- Hoppert M., Flies C., Pohl W., Günzl B., Schneider J.* Colonization strategies of lithobiontic microorganisms on carbonate rocks // *Environ. Geol.* 2004. N 46. Issue 3–4. P. 421–428.
- Hygen A.-S.* Protection of Rock Art, The Rock Art Project 1996–2005: Final Report from the Directorate for Cultural Heritage. Oslo, 2006.
- Jackson T.A., Keller W.D.* A comparative study of the role of lichens and “inorganic” processes in the chemical weathering of recent Hawaiian lava flows // *Am. J. Sci.* 1970. N 269. P. 446–466.
- Lee M.R., Persons I.* Biomechanical and biochemical weathering of lichen-encrusted granite: textural controls on organic-mineral interactions and deposition of silica-rich layers // *Chemical Geology.* 1999. N 161. P. 385–397.
- Lichen biology / Ed. by H. Thomas. Nash III. Cambridge, 2008.
- Pinna D.* Biofilms and lichens on stone monuments: do they damage or protect? // *Frontiers in Microbiology. Microbiotechnology, Ecotoxicology and Bioremediation.* April 2014. Vol. 5. Article 133. P. 1–3.
- Prieto Lamas B., Rivas Brae M.T., Silva Hermo B.M.* Colonization by lichens of granite churches in Galicia northwest Spain // *Sci. Total Environ.* 1995. N 167. P. 343–351.
- Richardson D.H.S.* The vanishing lichens: their history, biology and importance. Newton Abbot, 1975. 231 pp.
- Scheerer S., Ortega-Morales O., Gaylarde C.* Chapter 5, Microbial deterioration of stone monuments-an updated overview // *Advances in Applied Microbiology.* 2009. Vol. 66. P. 97–139.
- Walderhaug O., Walderhaug E.M.* Weathering of Norwegian rock art – a critical review // *Norwegian Archaeological Review.* 1998. Vol. 31. N 2. P. 119–139.
- Watt D.* Managing biological growth on buildings // *Historic Churches. The Building Conservation Directory: Special Report magazine.* 2006. N 13, P. 36–38. (Accessed November, 2007).
- Wendler E., Prasartet C.* Lichen growth on old Khmer-style sandstone monuments in Thailand: damage factor of shelter? // *Proceedings of the 12th Triennial Meeting of the ICOM Committee for Conservation.* 1999. Vol. 2 (Lyon). P. 750–754.
- Wierchos J., Ascaso C.* Mineralogical transformation of bioweathering granitic biotite, studied by HRTEM: evidence for a new pathway in lichen activity // *Clays and Clay Minerals.* 1998. Vol. 46. N 4. P. 446–452.
- Wessels D.C.J., Schoeman B.* Mechanism and rate of weathering of Clarens sandstone by an endolithic lichen // *S. Afr. J. Sci.* 1988. N 84. P. 274–277.

**RUSAVSKIA ELEGANS (LINK.) S. KONDR. & KÄRNEFELT  
ON THE WALLS OF THE SOLOVETSKY MONASTERY:  
BIODETERIORATION OR BIOPROTECTION?**

*A.V. Pchelkin*<sup>1</sup>

During the restoration with the help of metal brushes restorers removed the lichen thalli of *Rusavskia elegans* from the walls of the Solovetsky monastery. Special studies have shown that this lichen has no negative impact on the stones of the Solovetsky monastery. Under the *Rusavskia elegans*, the substrate is somewhat more durable, but on most sample plots for the significance level of 0.05 according to Student's *t*-test, there are no significant differences between the strength characteristics of concrete in areas under lichen thalli and control sample plots. On one sample plot, a significant positive effect of *Rusavskia elegans* on the substrate was noted. Remove lichen from the walls will harm the monastery walls.

**Key words:** lichens, *Rusavskia elegans*, restoration, bioprotection, biodeterioration, biological weathering, Solovetsky monastery.

<sup>1</sup> Pchelkin Alexey Vasil'evich, Laboratory of Anthropogenic Changes in the Climate System (LACCS), Institute of Geography, Russian Academy of Sciences (pchelkin@igras.ru).