

Таким образом, можно сделать вывод, что модификация пленок ПЭВД парами  $PCl_3$  затрагивает не только поверхность, но и приповерхностные слои, приводя к существенному возрастанию эффективности захвата гомозаряда ловушками, формирующимися в приповерхностных слоях полимера. Кроме того, в модифицированных образцах центроид объемного заряда, накапливающегося в районе интерфейса полимер — металл, смещается в глубь пленки.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рычков А. А., Бойцов В. Г. Электретный эффект в структурах полимер — металл: Монография. СПб.: Изд-во РГПУ им. А. И. Герцена, 2000. 250 с.
2. Rychkov D., Kuznetsov A., Rychkov A. Electret properties of polyethylene and polytetrafluoroethylene films with chemically modified surface // IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation. 2011. Vol. 18. № 1. P. 8–14.
3. Rychkov D., Gerhard R., Ivanov V., Rychkov A. Enhanced electret charge stability on polyethylene films treated with titanium-tetrachloride vapor // IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation. 2012. Vol. 19. № 4. P. 1305–1311.

#### REFERENCES

1. Rychkov A. A., Bojtsov V. G. Elektretnyj effekt v strukturah polimer — metall: Monografija. SPb.: Izd-vo RGPU im. A. I. Gertsena, 2000. 250 s.
2. Rychkov D., Kuznetsov A., Rychkov A. Electret properties of polyethylene and polytetrafluoroethylene films with chemically modified surface // IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation. 2011. Vol. 18. № 1. P. 8–14.
3. Rychkov D., Gerhard R., Ivanov V., Rychkov A. Enhanced electret charge stability on polyethylene films treated with titanium-tetrachloride vapor // IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation. 2012. Vol. 19. № 4. P. 1305–1311.

*А. С. Козловский, О. В. Франк-Каменецкая,  
Е. М. Нестеров, В. П. Челибанов*

#### МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА В СВЯЗИ С ЕГО ВОЗДЕЙСТВИЕМ НА ПАМЯТНИКИ КУЛЬТУРНОГО И ИСТОРИЧЕСКОГО НАСЛЕДИЯ

Работа выполнена при частичной поддержке гранта РФФИ 13-05-00815-а.

*По результатам одновременного мониторинга состояния памятников и атмосферных загрязнений, а также изучения нормативной документации предложены методические подходы к оценке качества атмосферного воздуха в связи с его воздействием на бронзовые и каменные памятники, находящиеся на открытом воздухе. Показано, что для разных объектов живой и неживой природы, взаимодействующих с воздушной средой, качество атмосферного воздуха оценивается различающимися наборами показателей. Рассмотрены возможности различных методов и устройства мониторинга атмосферного воздуха, обоснована перспективность использования пассивных экодатчиков.*

**Ключевые слова:** качество атмосферного воздуха, памятники на открытом воздухе, мониторинг, пассивные экодатчики.

*A. Kozłowski, O. Frank-Kamenetskaya, E. Nesterov, V. Chelibanov*

### **Methodological Approaches to the Study of Air Quality in Connection with its Influence on the Monuments of Cultural Heritage**

*On the basis of results of simultaneous monitoring of monuments' state and atmospheric pollution and the studies of the standard documentation, methodological approaches to the estimation of quality of atmospheric air in connection with its influence on bronze and stone outdoor monuments are suggested. It is shown that for different objects of the live and lifeless nature cooperating with the air environment, quality of atmospheric air is estimated by differing sets of indicators. The possibilities of various methods and the devices of monitoring of atmospheric air are assessed and the perspectives of using passive ecological gages are argued.*

**Keywords:** quality of atmospheric air, outdoor monuments, monitoring, passive ecological gages.

Качество атмосферного воздуха — совокупность его свойств, определяющих степень воздействия физических, химических и биологических факторов на людей, растительный и животный мир, а также на материалы, конструкции и окружающую среду в целом [5]. Его оценка необходима для обеспечения экологической и промышленной безопасности людей, для контроля природопользования, для выяснения эффективности проводимых мероприятий по охране окружающей среды.

В настоящее время разработаны и широко используются методики оценки качества атмосферного воздуха в связи с его воздействием на людей. Эти методики основаны на сравнении нормативных и измеренных уровней загрязняющих веществ. Для объектов неживой природы, в частности, для материальных памятников культурного и исторического наследия, находящихся под открытым небом, эти методики не применимы из-за отсутствия у памятников адаптации к воздействиям метеорологических, климатических и биологических факторов. В настоящей статье по результатам одновременного мониторинга состояния памятников и атмосферных загрязнений, а также изучения нормативной документации предлагаются методические подходы к оценке качества атмосферного воздуха в связи с его воздействием на памятники из металлов и сплавов, а также из природного камня. Так как памятники культурного и исторического наследия являются одним из важных ресурсов устойчивого развития общества [7], их сохранению придается большое значение. Поэтому разработка методик оценки качества атмосферного воздуха, позволяющих определить степень его негативного воздействия на памятники, является актуальной задачей.

## **1. Показатели качества атмосферного воздуха**

Показатели качества атмосферного воздуха зависят от загрязнителей, выделяемых различными источниками, от пространственного распределения этих загрязнителей, а также от климатических и метеорологических факторов. Значения этих показателей обычно представляют в численном виде в относительных единицах. Данные, необходимые для оценки качества, получают физико-химическими и биологическими методами мониторинга. Полученные результаты обрабатывают с привлечением статистических методов.

Для разных видов объектов живой и неживой природы, взаимодействующих с воздушной средой, качество атмосферного воздуха оценивается отличающимися наборами показателей.

**1.1. Показатели качества атмосферного воздуха для оценки его влияния на людей, находящиеся в зоне расположения памятников**

По отношению к человеку, находящемуся в зоне экспозиции памятников исторического и культурного наследия, это качество можно оценить с помощью набора показателей (см. табл.), аналогичных используемым для контроля атмосферного воздуха в жилой зоне [9]. Это комплексный индекс загрязнения атмосферы (ИЗА), стандартный индекс (СИ) — наибольшая разовая концентрация загрязнителя, поделенная на его предельно допустимую концентрацию (ПДК), наибольшая повторяемость (НП) превышения ПДК загрязнителя.

Таблица

**Оценки степени загрязнения атмосферы в связи с её влиянием на здоровье людей [9]**

Степень		ИЗА	СИ	НП, %
градации	загрязнение			
I	Низкое	0–4	0–1	0
II	Повышенное	5–6	2–4	1–19
III	Высокое	7–13	5–10	20–49
IV	Очень высокое	≥ 14	> 10	> 50

Значение ИЗА рассчитывают как сумму средних концентраций имеющихся загрязнителей, нормированных по среднесуточным предельно допустимым концентрациям (ПДК<sub>СС</sub>) этих загрязнителей, приведенных к концентрации диоксида серы [10]:

$$Y_n = \sum_{i=1}^n Y_i = \sum_{i=1}^n \left( \frac{q_{cpi}}{\text{ПДК}_{cci}} \right)^{c_i},$$

где  $Y_i$  — единичный индекс загрязнения для  $i$ -ого вещества;  $q_{cpi}$  — средняя концентрация  $i$ -ого вещества;  $\text{ПДК}_{cci}$  — ПДК<sub>СС</sub> для  $i$ -ого вещества;  $c_i$  — безразмерная константа, учитывающая степень вредности  $i$ -ого вещества относительно степени вредности диоксида серы.

Для веществ 4, 3, 2 и 1-го классов опасности она соответственно равна 0,85; 1,0; 1,3 и 1,5. Диоксид серы относится по степени вредности к третьему классу опасности ( $c_i = 1$ ), к нему приводится вредность всех веществ. Обычно используют значения единичных индексов  $Y_i$  тех пяти веществ, у которых эти значения наибольшие.

**1.2. Показатели качества атмосферного воздуха для оценки его влияния на состояние памятников из металлов и сплавов**

Качество атмосферного воздуха по отношению к памятникам, изготовленным из металлических сплавов, можно оценить, используя известные методики определения коррозионной активности (агрессивности) атмосферы по отношению к технически чистым металлам. В связи с тем, что антикоррозионные свойства наиболее часто используемых металлических сплавов на основе цинка, меди и алюминия лучше, чем у технически чистых металлов [17], показатели качества в этом случае будут определены с запасом.

Определение показателей качества атмосферы на основе ее коррозионной активности базируется на двух методиках [6; 17; 18].

*Экспериментальная методика.* Определяют коррозионные потери металлических образцов за первый год их экспозиции на открытом воздухе в требуемом месте по следующей формуле:

$$V_{\text{кор}} = \Delta M / ST,$$

где  $V_{\text{кор}}$  — скорость коррозии, определяемая по массе образовавшихся за определенное время продуктов коррозии;  $\Delta M$  — изменение массы образца после удаления продуктов коррозии стандартным химическим способом;  $S$  — площадь образца;  $T$  — время экспозиции. Для скорости коррозии, определяемой по толщине слоя металла, утраченного в результате коррозии, используется соотношение:

$$V_{\text{кор}} = \Delta M / ST\rho,$$

где  $\rho$  — плотность металла. В соответствии с ГОСТ 9.040-74, помимо прямоугольных пластин, допускается использование образцов в виде дисков, цилиндров, стержней, а также — образцов, имитирующих детали или сборочные единицы металлических конструкций. Следует отметить, что простота выполнения экспериментальной методики нашла ей широкое применение.

*Расчетная методика.* Вычисляют коррозионные потери по эмпирическим зависимостям, связывающим скорость коррозии с измеренными основными среднегодовыми параметрами воздушной среды в требуемом месте:

$$V_{\text{кор}} = aP_d^b (cRH + f) + dS_d^e \exp(jRH + kT),$$

где  $V_{\text{кор}}$  — скорость коррозии за первый год экспозиции, мкм/год;  $P_d$  — среднегодовое осаждение  $\text{SO}_2$ , миллиграмм на квадратный метр в день [мг / (м<sup>2</sup> · д)];  $S_d$  — среднегодовое осаждение хлорид-ионов, миллиграмм на квадратный метр в день [мг / (м<sup>2</sup> · д)];  $T$  — среднегодовая температура, выраженная в градусах Цельсия (°C);  $RH$  — среднегодовая относительная влажность воздуха — в процентах (%). Если известна величина  $P_c$  — среднегодовая концентрация  $\text{SO}_2$  в миллиграммах на кубический метр в день, то  $P_d = 0,8P_c$ . Коэффициенты  $a, b, c, d, e, j, k$  для основных металлов приведены в стандарте ISO 9223:2012, например, для меди:  $a = 0,0053$ ;  $b = 0,26$ ;  $c = 0,059$ ;  $d = 0,01025$ ;  $e = 0,27$ ;  $j = 0,036$ ;  $k = 0,049$ ;  $f_{\text{Cu}} = 0,126 (T-10)$  при  $T \leq 10^\circ\text{C}$ , в противном случае  $f_{\text{Cu}} = 0,080 (T-10)$ .

Основными коррозионно-активными загрязнителями атмосферы, как принято в международном стандарте ISO 9223:2012 и ГОСТ 9.040-74, являются сернистый газ и аэрозольные соединения хлора. Активные формы кислорода и соединения азота также влияют на коррозионную активность, но не оказывают решающего влияния. Большое значение имеют каталитические и адсорбирующие влагу органические и неорганические аэрозоли, частота перехода температуры воздуха через 0 °C, точка росы, а также превышение значений относительной влажности воздуха относительно уровня 60% [19]–[22]. Учесть все коррозионно-активные факторы атмосферы при вычислении коррозионных потерь с помощью расчетной методики практически нереально, поэтому коэффициент достоверности определения скорости коррозии по расчетной методике, указанный в ISO 9223: 2012, равен (для меди) 0,88.

По измеренным или вычисленным значениям скорости коррозии качество атмосферного воздуха оценивают по шести категориям со следующими обозначениями: C1 — атмосфера с очень низкой коррозионной активностью (например, для меди —  $V_{\text{кор}} \leq 0,9$  г/м<sup>2</sup>год); C2 — с низкой ( $0,9 < V_{\text{кор}} \leq 5$ ), C3 — со средней ( $5 < V_{\text{кор}} \leq 12$ ); C4 — с высокой ( $12 < V_{\text{кор}} \leq 25$ ); C5 — с очень высокой ( $25 < V_{\text{кор}} \leq 50$ ); CX — с экстремальной коррозии

онной активностью ( $50 < V_{\text{согг}} \leq 90$ ). В соответствии с установленной категорией качества атмосферного воздуха разрабатывают мероприятия по консервации, реставрации и охране памятников культурного и исторического наследия.

### ***1.3. Показатели качества атмосферного воздуха для оценки его влияния на состояние памятников из природного камня***

Для памятников, выполненных из природного камня, показатели качества атмосферного воздуха получают на основе изучения процессов выветривания — физического, химического и биологического. Влажность, температура и ее перепады, газообразные соединения серы, азота, активные формы кислорода, органические и неорганические аэрозоли, пылевые частицы, определяющие коррозионную активность атмосферы по отношению к металлическим памятникам, влияют и на каменные памятники. Коррозионная активность атмосферы огрубляет поверхность камня, создает условия для закрепления на ней микробного (литобионтного) сообщества. Она является основным показателем качества атмосферного воздуха для памятников из природного камня.

Микробная активность атмосферы также является важным показателем ее качества по отношению к каменным памятникам (в отличие от металлических памятников, которые не плесневеют и не покрываются водорослями и бактериальной пленкой на открытом воздухе). Резидентная (постоянная) микрофлора атмосферы в основном состоит из почвенных микроорганизмов, откуда в составе аэрозолей и пылевых частиц она поступает на памятники, образуя на них литобионтное сообщество. Источником питания литобионтов служат грязевые наслоения, материал памятников, продукты метаболизма сменяющих друг друга видов микроорганизмов [3]. Важным условием развития литобионтов является высокая влажность субстрата [15].

В связи с большой изменчивостью литобионтного сообщества и разнообразием каменных материалов общая эмпирическая зависимость, устанавливающая связь между климатическими, физико-химическими и микробиологическими показателями атмосферного воздуха и состоянием поверхности этих материалов, к настоящему времени еще не разработана. Поэтому оценку качества атмосферного воздуха относительно объектов культурного наследия, выполненных из камня, проводят в соответствии с нормативами, действующими в промышленности строительных материалов. Образцы каждой используемой горной породы подвергаются многолетним испытаниям на открытом воздухе по стандартной методике, указанной, например, в ГОСТ 9.053-75.

## **2. Методы и устройства мониторинга загрязнённости атмосферного воздуха в связи с оценкой его влияния на состояние памятников культурного и исторического наследия**

Мониторинг воздушной среды осуществляют с помощью автоматических стационарных станций, укомплектованных сертифицированной аналитической аппаратурой: газоанализаторами, пылемерами, радиометрами, метеорологическими приборами [9]. Существуют также передвижные лаборатории и ручной анализ проб, например, в случае измерения выпадения аэрозольных соединений хлора. Достоинством стационарных автоматических станций является то, что показатели качества атмосферного воздуха, зарегистрированные ими, метрологически обеспечены, имеют юридическую силу и могут быть получены в результате удаленного доступа, например, по сети Интернет. При этом комплексы аналитической аппаратуры автоматических станций достаточно дороги и требуют выделе-

ния защищенных от внешних воздействий помещений. Поэтому они могут быть установлены в ограниченном числе мест. В результате комплексная оценка качества воздушной среды предоставляется потребителям в пространственном усреднении по муниципальным, региональным, национальным и глобальным территориям. Она может существенно отличаться от реального состояния воздушной среды в конкретном месте, например, в подземном переходе, на уровне первого этажа или во дворе жилого дома, около объекта культурного наследия.

Состояние памятников культурного наследия — совокупность характеристик, отражающих степень их разрушения, подлинности и пригодности к экспонированию. Корреляционные зависимости, связывающие эти характеристики с показателями качества атмосферного воздуха, можно получить на основе многолетнего комплексного мониторинга [2; 13], данные которого заносят в компьютеризированные базы данных.

Нами на базе некрополей Музея городской скульптуры создана единая система мониторинга, которая действует с 2006 года. Система объединяет две базы данных:

- базу данных по состоянию воздуха, наполняемую с помощью программно-аппаратного комплекса ЗАО «ОПТЭК» [15];
- базу данных по состоянию скульптурных памятников Санкт-Петербурга [12]. В эту базу заносятся результаты геоэкологических экспертиз памятников, проводимых по единой специально разработанной методике [13]. Её наполнение осуществляется силами аспирантов и студентов РГПУ им. А. И. Герцена и СПбГУ.

Результаты многолетнего мониторинга состояния памятников Санкт-Петербурга из камня (в первую очередь, из мрамора и известняка) и бронзы показывают, что основными продуктами их разрушения являются сульфаты [8; 14]. В патине на поверхности бронзовых памятников достаточно часто присутствуют карбонаты и хлориды. Хлориды являются индикаторами «бронзовой болезни» памятников [8]. Их присутствие означает, что коррозия начала проникать внутрь медного сплава.

Для оценки качества атмосферного воздуха в конкретном месте используют методы биоиндикации [11], а также методы, основанные на исследовании снежного покрова [4; 22]. Снег хороший адсорбент коррозионно-активных загрязнителей атмосферы, изменяющих кислотность осадков.

Для оценки качества атмосферного воздуха также широко применяют компактные пассивные датчики [20; 21], не требующие подсоединения к источникам электропитания.

Принцип действия датчиков основан на определении скорости коррозии металлических пластин и стержней. Стандартные прямоугольные пластины с размерами  $100 \times 150 \times 1$  мм и  $50 \times 100 \times 1$  мм, указанными в стандарте ISO 9226:2012, используют для определения коррозионной активности атмосферы. С помощью таких идентичных датчиков можно сравнить коррозионную активность атмосферы для различных мест, одно из которых, расположенное, например, в сельской местности, принимают за эталонное.

Для изучения изменений качества атмосферного воздуха за более короткий промежуток времени усреднения необходимо увеличивать чувствительность датчиков к коррозионно-активным показателям атмосферы. Для этого к основному металлу датчика присоединяют дополнительный электрод, создающий гальваническую пару, например, пару медь — алюминий. Скорость коррозии алюминиевого электрода таких датчиков зависит в основном от выпадения осадков, температуры и влажности воздушной среды, поэтому они названы «климатическими».

В ЗАО «ОПТЭК» созданы пассивные экодатчики *OPTEC-ED-1*, конструктивные особенности которых (в первую очередь, за счет нанесения специальных каталитических по-



Рис. 1. Экодатчик ОРТЕС-ЕD-1:  
А — до экспозиции;  
Б — после  
120-дневной экспозиции в Некрополе XVIII века Музея городской скульптуры

крытий) обеспечивают повышенную чувствительность к климатическим показателям и к загрязнениям воздушной среды (см. рис.). Спектральные и колориметрические характеристики чувствительной поверхности таких экодатчиков позволяют определить загрязнители (соединения серы и/или хлора), которые преобладали в коррозионном процессе [1].

Экодатчики ОРТЕС-ЕD-1 разработаны для оценки агрессивности воздушной среды и климатических изменений около особо важных объектов: научно-исследовательских станций, стартовых площадок, плотин, тоннелей метро, машинных залов обычных и атомных электростанций, мостов, но могут быть успешно использованы также и для оценки влияния воздушной среды на памятники из камня и бронзы.

В настоящее время на основе экодатчиков разрабатывается единообразная методика оценки качества воздушной среды в связи с её влиянием на памятники из камня и бронзы. С этой целью (для установления корреляционных зависимостей) датчики установлены в центральном районе Санкт-Петербурга (в непосредственной близости от автоматической станции мониторинга атмосферного воздуха и бронзовых и мраморных памятников Некрополя XVIII века Музея городской скульптуры), в его пригородах — в музейных ансамблях Павловска и Петродворца, а также на Урале (город Челябинск), в Антарктиде (на станции «Прогресс») и в Греции (город Салоники).

### Вывод

Качество атмосферного воздуха — один из основных факторов, определяющий состояние здоровья населения, состояние зданий, сооружений, объектов культурного наследия. Климатические изменения усиливают влияние атмосферных загрязнений на это качество. Необходимо расширять сеть станций мониторинга воздушной среды и разрабатывать новые методы и средства для оценки ее качества непосредственно в местах расположения памятников и архитектурных сооружений, имеющих историческую и культурную ценность.

Авторы благодарят кандидата физико-математических наук А. М. Маругина за большую помощь, оказанную в процессе работы.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Васильева О. А., Кустова Е. Н., Франк-Каменецкая О. В., Челибанов В. П., Сорин В. Г., Маругин А. М. Возможности определения минералов патины на поверхности бронзовых памятников спектрофотометрическим методом // Геология, геоэкология, эволюционная география / Под ред. Е. М. Нестерова. СПб.: Эпиграф, 2008. С. 16–23.
2. Васильева О. А., Маругин В. М., Франк-Каменецкая О. В. Квалиметрический мониторинг состояния бронзовых памятников в городской среде // Вестник МАНЭБ. 2011. № 15. 5. С. 108–111.
3. Власов Д. Ю. Микроскопические грибы в экстремальных местообитаниях: биологическое разнообразие и сущность взаимодействий. ФНИ «XXI век»// Биосфера. 2011. Т. 3. № 4. С. 479–492.
4. Воронцова А. В., Зарина Л. М., Нестеров Е. М. Некоторые новые данные по загрязнению снежного покрова // Геология, геоэкология, эволюционная география: Сб. научн. трудов / Под ред. Е. М. Нестерова. СПб. Изд-во РГПУ им. А. И. Герцена, 2011. Т. 11. С. 184–189.

5. ГОСТ 17.2.1.03-84. «Охрана природы. Атмосфера. Термины и определения контроля загрязнения».
6. ГОСТ 9.039-74. «Единая система защиты от коррозии и старения. Коррозионная агрессивность атмосферы».
7. *Лисицкий А. В.* Культурное наследие как ресурс устойчивого развития. М.: Российская акад. гос. службы при Президенте РФ: Дис. ... канд. культурологии. М., 2004. 151 с.
8. *Мануртдинова (Егорова) В. В., Васильева О. А., Франк-Каменецкая О. В., Плоткина Ю. В., Зеленская М. С.* Экологическая экспертиза состояния памятника Николаю I на Исаакиевской площади (Санкт-Петербург) // Вестник МАНЭБ. 2011. № 15. 5. С. 87–98.
9. Охрана окружающей среды, природопользование и обеспечение экологической безопасности в Санкт-Петербурге / Под ред. Д. А. Голубева, Н. Д. Сорокина. СПб., 2007. 472 с.
10. РД 52.04.186-89 «Руководство по контролю загрязнения атмосферы».
11. *Сионова Н. А.* Особенности эпифитной лишенофлоры города Краснодара // Фундаментальные исследования. 2006. № 5. С. 76–79.
12. *Франк-Каменецкая О. В., Власов Д. Ю., Зеленская М. С., Егорова В. В. и др.* База данных по состоянию скульптурных памятников Санкт-Петербурга как инструмент для системного анализа процессов разрушения камня в городской среде. «Современная минералогия: от теории к практике»: Материалы XI Съезда РМО. СПб., 2010. С. 385–387.
13. *Франк-Каменецкая О. В., Власов Д. Ю., Лепешкина Н. Ф., Карпенков Е. М. и др.* Комплексный мониторинг состояния памятников из камня в городской среде (на примере Некрополя XVIII века Государственного музея городской скульптуры) // Памятники. Вектор наблюдения: Сб. статей по реставрации скульптуры и мониторингу состояния памятников в городской среде. СПб.: Союз-Дизайн, 2008. С. 75–80.
14. *Франк-Каменецкая О. В., Власов Д. Ю., Зеленская М. С., Есипова И. В. и др.* Состояние камня в памятниках Некрополя XVIII века по результатам комплексного мониторинга // Геология, геоэкология и эволюционная география / Под ред. Е. М. Нестерова. СПб.: Эпиграф, 2007. С. 33–39.
15. *Челибанов В. П., Маругин А. М., Васильева О. А., Франк-Каменецкая О. В. и др.* Особенности состава воздушной среды по результатам трехлетнего мониторинга в Некрополе XVIII века Государственного музея городской скульптуры в связи с изучением процессов разрушения памятников из камня и бронзы // Скульптура XVIII–XIX веков на открытом воздухе. Проблемы сохранения и экспонирования / Ред.: Н. Н. Ефремова, Д. В. Осипов, В. В. Рытикова, В. Н. Тимофеев, О. В. Франк-Каменецкая. СПб.: Союз-Дизайн, 2010. С. 15–19.
16. ISO 9223 Second edition: 2012-02-01. Corrosion of metals and alloys — Corrosivity of atmospheres — Classification, determination and estimation.
17. ISO 9226 Second edition: 2012-02-01. Corrosion of metals and alloys — Corrosivity of atmospheres — Determination of corrosion rate of standard specimens for the evaluation of corrosivity.
18. Monitoring Corrosive Properties, in Compressed Air Systems. Reference: Website <http://air.irco.com>.
19. *Muller C. O.* Control of Corrosive Gases to Avoid Electrical Equipment Failure. [www.purafil.com/.../Control of Corrosive](http://www.purafil.com/.../Control of Corrosive). 2011.
20. Roberge Pierre R. Corrosion Engineering: Principles and Practice. 2008. P. 754. Website <http://www.corrosion-doctors.org/Corrosion-Atmospheric/Corrosion-Atmospheric.htm>.
21. *Tidblad J., Kucera V., Sherwood S.* Corrosion. In the Effects of Air Pollution on Cultural Heritage. Tidblad J., Kucera V., Hamilton R. (Eds.), Springer Science & Business Media, LLC, 2009. P. 53–103.
22. *Zarina L. M., Gracheva I. V., Nesterov E. M.* Comparative analysis of the results of ecological-geochemical investigations of the snow cover on urbanized areas with different technogenic load // Procedia Environmental Sciences. 2011. Vol. 8. P. 382–388.

## REFERENCES

1. *Vasil'eva O. A., Kustova E. N., Frank-Kameneckaja O. V., Chelibanov V. P., Sorin V. G., Marugin A. M.* Vozможности opredelenija mineralov patiny na poverhnosti bronzovyh pamjatnikov spektrofotometricheskim metodom // Geologija, geojekologija, jevoljucionnaja geografija / Pod red. E. M. Nesterova. SPb.: Epigraf, 2008. S. 16–23.



2. *Vasil'eva O. A., Marugin. V. M., Frank-Kameneckaja O. V.* Kvalimetriceskij monitoring sostojanija bronzovyh pamjatnikov v gorodskoj srede // Vestnik MANEB. 2011. № 15. 5. S. 108–111.
3. *Vlasov D. Ju.* Mikroskopicheskie griby v jekstremal'nyh mestoobitanijah: biologicheskoe raznoobrazie i suwnost' vzaimodejstvij. FNI "XXI vek" // Biosfera. 2011. № 4. T. 3. S. 479–492.
4. *Vorontsova A. V., Zarina L. M., Nesterov E. M.* Nekotorye novye dannye po zagryazneniju sneznogo pokrova // Geologija, geoekologija, evoljucionnaja geografija: Sb. nauchn. tr. T. 11 / Pod red. E. M. Nesterova. SPb. Izd-vo RGPU im. A. I. Gertsena, 2011. S. 184–189.
5. GOST 17.2.1.03-84. «Ohrana prirody. Atmosfera. Terminy i opredelenija kontrolja zagryaznenija».
6. GOST 9.039-74. «Edinaja sistema zashchity ot korrozii i starenija. Korroziionnaja agressivnost' atmosfery».
7. *Lisitskij A. V.* Kul'turnoe nasledie kak resurs ustojchivogo razvitija. M.: Ros. akad. gos. sluzhby pri Prezidente RF: Dis. ... kand. kul'turologii. 2004. 151 s.
8. *Manurtdinova (Egorova) V. V., Vasil'eva O. A., Frank-Kamenetskaja O. V., Plotkina Ju. V., Zelenskaja M. S.* Ekologicheskaja ekspertiza sostojanija pamjatnika Nikolaju I na Isaakievskoj ploshchadi (Sankt-Peterburg) // Vestnik MANEB. 2011. № 15. 5. S. 87–98.
9. Ohrana okruzhajushchej sredy, prirodopolzovanie i obespechenie ekologicheskoy bezopasnosti v Sankt-Peterburge / Pod red. D. A. Golubeva, N. D. Sorokina. SPb., 2007. 472 s.
10. RD 52.04.186-89 «Rukovodstvo po kontrolju zagryaznenija atmosfery».
11. *Sionova N. A.* Osobennosti epifitnoj lihenoflory goroda Krasnodara // Fundamental'nye issledovanija. 2006. № 5. S. 76–79.
12. *Frank-Kamenetskaja O. V., Vlasov D. Ju., Zelenskaja M. S., Egorova V. V. i dr.* Baza dannyh po sostojaniju skul'pturnyh pamjatnikov Sankt-Peterburga kak instrument dlja sistemnogo analiza protsessov razrushenija kamnja v gorodskoj srede. «Sovremennaja mineralogija: ot teorii k praktike»: Materialy XI Sjezda RMO. SPb., 2010. S. 385–387.
13. *Frank-Kameneckaja O. V., Vlasov D. Ju., Lepeshkina N. F., Karpenkov E. M. i dr.* Kompleksnyj monitoring sostojanija pamjatnikov iz kamnja v gorodskoj srede (na primere Nekropolja XVIII veka Gosudarstvennogo muzeja gorodskoj skul'ptury) // Pamjatniki. Vektor nabljudenija: Sb. statej po restavratsii skul'ptury i monitoringu sostojanija pamjatnikov v gorodskoj srede. SPb.: Sojuz-Dizajn, 2008. S. 75–80.
14. *Frank-Kamenetskaja O. V., Vlasov D. Ju., Zelenskaja M. S., Esipova I. V. i dr.* Sostojanie kamnja v pamjatnikah Nekropolja XVIII veka po rezul'tatam kompleksnogo monitoringa // Geologija, geojekologija i evoljucionnaja geografija / Pod red. E. M. Nesterova. SPb: Epigraf, 2007. S. 33–39.
15. *Chelibanov V. P., Marugin A. M., Vasil'eva O. A., Frank-Kamenetskaja O. V. i dr.* Osobennosti sostava vozduшной sredy po rezul'tatam trehletnego monitoringa v Nekropole XVIII veka Gosudarstvennogo muzeja gorodskoj skul'ptury v svjazi s izucheniem protsessov razrushenija pamjatnikov iz kamnja i bronzy // Skul'ptura XVIII–XIX vekov na otkrytom vozduhe. Problemy sohraneniya i jeksponirovanija / Red.: N. N. Efremova, D. V. Osipov, V. V. Rytikova, V. N. Timofeev, O. V. Frank-Kamenetskaja. SPb.: Sojuz-Dizajn, 2010. S. 15–19.
16. ISO 9223 Second edition: 2012-02-01. Corrosion of metals and alloys — Corrosivity of atmospheres — Classification, determination and estimation.
17. ISO 9226 Second edition: 2012-02-01. Corrosion of metals and alloys — Corrosivity of atmospheres — Determination of corrosion rate of standard specimens for the evaluation of corrosivity.
18. Monitoring Corrosive Properties, in Compressed Air Systems. Reference: Website <http://air.irco.com>.
19. *Muller C. O.* Control of Corrosive Gases to Avoid Electrical Equipment Failure. [www.purafil.com/.../Control of Corrosive](http://www.purafil.com/.../Control of Corrosive). 2011.
20. *Roberge Pierre R.* Corrosion Engineering: Printsiples and Practice. 2008. P. 754. Website <http://www.corrosion-doctors.org/Corrosion-Atmospheric/Corrosion-Atmospheric.htm>.
21. *Tidblad J., Kucera V., Sherwood S.* Corrosion. In the Effects of Air Pollution on Cultural Heritage. Tidblad J., Kucera V., Hamilton R. (Eds.), Springer Science & Business Media, LLC, 2009. P. 53–103.
22. *Zarina L. M., Gracheva I. V., Nesterov E. M.* Comparative analysis of the results of ecological-geochemical investigations of the snow cover on urbanized areas with different technogenic load // Procedia Environmental Sciences. 2011. Vol. 8. P. 382–388.