

УДК 528.29:502.53:581.5

ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ НА ПРИСОЕДИНЕННОЙ В 2012 Г. К МОСКВЕ ТЕРРИТОРИИ ИНДЕКСА ЧИСТОТЫ АТМОСФЕРЫ, ОПРЕДЕЛЕННОГО ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ ЭПИФИТНОЙ ЛИХЕНОБИОТЫ

Л.Г. Бязров

Приведены данные о распределении величин Индекса чистоты атмосферы по показателям эпифитной лишенобиоты, собранным в 2012–2013 гг. на 850 листовых деревьях с 17 участков присоединенной в 2012 г. к Москве территории. Индекс определен для каждого участка. Результаты исследования предлагаются как «точка отсчета» для возможного мониторинга состояния среды обследованной территории по показателям биоты лишайников.

Ключевые слова: Москва; мониторинг; точка отсчета; лишайники; индекс чистоты атмосферы.

В 2012 г. к Москве присоединили юго-западную часть территории Московской обл. вплоть до границы с Калужской обл. Эта обширная (около 150 тыс. га) территория, несомненно, будет интенсивно осваиваться в соответствии со столичными функциями города, что приведет к значительному изменению ее природных комплексов. Чтобы в будущем судить о возможном воздействии освоения территории на ее природу, необходимо иметь объективные данные о состоянии природного комплекса до начала освоения, своеобразные «точки отсчета» для будущих мониторинговых исследований. Следствием урбанизации территории, как правило, является ухудшение качества воздуха, что становится причиной многих заболеваний населения ((Шешунов и др., 1999; Климат., 2006; Cislagi, Nimis, 1997; Shukla et al., 2014).

Признанными индикаторами состояния воздушного бассейна считаются лишайники, используемые в биомониторинге загрязнения среды не только газами, но и такими загрязнителями как токсичные металлы и неметаллы, органические соединения, поскольку варьирование ряда показателей лишайников (видовой состав, частота встречаемости и покрытие субстрата, концентрация минеральных и органических веществ в талломах и другое) в пространстве и во времени связывают с изменением свойств среды их обитания (Бязров, 2002, 2005; Пельгунова, Бязров, 2008; Бязров, Пельгунова, 2010, 2012а, 2012б; Шевченко и др., 2013; Kricke, Loppi, 2002). Широкое использование лишайников как биоиндикаторов и биомони-

торов здоровья среды обусловлено особенностями их биологии и физиологии как симбиотических пойкилогидридных организмов, не имеющих приспособлений, препятствующих проникновению в их тела различных загрязнителей, медленный и длительный рост талломов, невыразительность реакций на сезонные явления, географически обширные ареалы многих видов, различная реакция последних на изменение условий среды (Бязров, 2002; Biazrov, 1994; Cislagi, Nimis, 1997; Shukla et al., 2014).

Оценка качества среды по видовому составу лишайников включает:

коллекционирование всех встреченных видов лишайников во всех типах биогеоценозов и на всех субстратах обследуемой территории, если заранее не запланированы какие-либо ограничения, например, учет только эпифитов или только макролишайников;

фиксирование наличия симптомов повреждения слоевищ загрязнителями: обесцвечивание частей слоевища и их отмирание, отмирание талломов чувствительных видов, встречаемость слоевищ без органов плодоношения, ненормальное развитие слоевищ, отсутствие молодых талломов и др.;

идентификация собранных представителей лишенобиоты и составление списка видов с показом особенностей их распределения по сообществам, субстратам и т.д.;

анализ состава лишенобиоты в отношении наличия чувствительных видов и особенностей их распространения, выявленных признаков повреж-

дения слоевищ, изменения репродуктивного потенциала и т.д.;

сравнение собранных данных с историческими материалами, если они имеются, или с составом видов территории с чистым воздухом того же региона для установления возможных изменений как лишенобиоты в целом, так и показателей отдельных видов.

Сравнительное изучение крупных по размерам территорий затруднено из-за отсутствия равноценной информации о составе их лишенобиот, поскольку далеко не во всех регионах были проведены фундаментальные исследования видового состава лишайников и особенностей их экологии. Еще меньше возможностей для сравнения изменений за длительный период, специалист нередко должен выбирать между исследованием лишенобиоты территории, где ранее уже проводились учеты лишайников, и обследованием еще не изученной территории. Как правило, выбирают последнее, поскольку в этом случае при оценке работы вклад в науку считается более весомым, нет нужды затруднять себя сравнительным анализом с данными предшествующих исследований, выводы которого могут вызывать вопросы, да и финансовые средства изыскать легче.

На прежней территории Москвы (в пределах Московской кольцевой автодороги) уже выявлялось значительное изменение состава лишенобиоты в сторону как уменьшения числа видов (Бязров, 1996), так и его увеличения (Бязров, 2009), проведено ранжирование этой территории по особенностям развития эпифитных лишайников (Бязров и др., 1997; Бязров, 1999; Максимова, Бязров, 2000).

Присоединенная в 2012 г. к Москве юго-западная часть территории Московской обл. будет интенсивно осваиваться в соответствии со столичными функциями города, что приведет к значительному изменению ее природных комплексов, как это имело место прежде и в Москве по мере увеличения ее площади (Бязров, 1996, 2002, 2009), и в других городах (Shukla et al., 2014). Проведенное в 2012–2014 гг. исследование на присоединенной к Москве территории предусматривало наряду с другими показателями зафиксировать по характеристикам эпифитной лишенобиоты Индекс чистоты атмосферы на разных ее участках, чтобы эти данные стали «точкой отсчета» последующего мониторинга по этому показателю для суждения о возможных изменениях качества среды в ходе освоения территории.

Индекс чистоты атмосферы (ИЧА; I.A.P.)

По мере совершенствования исследований «лишайники – качество воздуха» были разработаны эмпирические методы, с помощью которых можно было установить градиент воздействия загрязнителей по сумме характеристик лишенобиоты сравниваемых частей изучаемой территории. Основу этих методов составляет определение индексов загрязнения/чистоты и полеофобии. Индекс представляет собой некое число, результирующее посредством математической формулы формализованные параметры лишайников (число видов, покрытие, встречаемость, ассоциированность с другими видами и т.д.) для конкретного места. Абсолютная величина этого индекса и отражает степень загрязнения/чистоты участка. Значения индексов можно наносить на карту и проводить деление территории по степени загрязнения.

Методы определения индексов предъявляют особые требования к отбору участков и учету лишайников. По возможности все сравниваемые площади должны быть сходными по всем экологическим параметрам. Деревья должны быть зрелыми, стоящими в удалении друг от друга, пряморастущими. Отступления от этих требований могут привести к определению пространственного варьирования свойств лишайниковых группировок, а не к выявлению качественных различий воздушного бассейна. В каждой учетной точке рекомендуется обследовать состав эпифитных лишайников и количественно охарактеризовать параметры каждого вида по меньшей мере на 10 одинаковых деревьях. Если число подходящих деревьев больше, выбирают 10 с наиболее развитым покровом эпифитов. Сведения об участке и лишайниках вносят на стандартный полевой бланк.

Индекс чистоты атмосферы (I.A.P.) впервые предложили DeSloover, LeBlanc (1968). Затем этот индекс был использован многими исследователями в разных странах. Для его определения в каждой точке измеряют ряд показателей лишайниковых группировок, которые затем для этой точки преобразуются с помощью эмпирически выведенной формулы в целое число I.A.P. (ИЧА).

Значение I.A.P. для каждой точки авторы индекса предлагали рассчитывать согласно следующей формуле:

$$I.A.P. (ИЧА) = 1/10 \sum_{i=1}^n Q_i \times F_i,$$

где n – число видов на учетной площади, Q_i – экологический показатель вида i (среднее число видов, растущих вместе с видом i на учетной площадке),

F_i – оценка встречаемости – покрытия вида i , согласно балльной шкале (LeBlanc, DeSloover, 1970). Произведение $Q_i \times F_i$ делится на 10, чтобы получить меньшее и более наглядное число. Чем больше величина индекса, тем лучше условия жизни для лишайников, и соответственно, чище воздух.

В дальнейшем этот оригинальный индекс разные авторы неоднократно модифицировали. Около 20 его модификаций приведены в моей работе (Бязров, 2002). Они были тестированы на участках, где много лет проводилось инструментальное измерение показателей загрязнения (Herzig, Urech, 1991), и оптимальной была признана версия, выбранная мною для присоединенной к Москве территории:

$$\text{I.A.P. (ИЧА)} = \sum_{i=1}^n F_i,$$

где F – частота встречаемости представителя каждого вида на дереве в баллах от 1 до 5, которые соответствовали следующим показателям: 1 – встречаемость до 10%, 2 – (11–20)%, 3 – (21–30)%, 4 – (31–60)%, 5 – >60%. Эту версию индекса сочли корректной и другие лишенологи (Nimis et al., 1991; Kricke, Lorri, 2002). Я также позволил себе дополнить индекс, поскольку виды, слоевища которых покрывали субстрат на 50% или более, получили дополнительно еще 5 баллов, чтобы компенсировать возможное вытеснение ими других видов в силу разрастания.

Значения I.A.P. (ИЧА) всех точек могут наноситься на картосхему обследуемой территории. Их обычно группируют в классы I.A.P. (ИЧА), которые рассматривают как зоны с разным уровнем загрязнения. Однако следует иметь в виду, что эти эмпирически установленные зависимости действительны лишь для местностей, где проводились исследования. Также уместно отметить, что хотя в названии индекса присутствуют слова «чистота атмосферы», все же он прежде всего отражает степень развития эпифитных лишайников, который условно трансформируется в показатель качества среды (Бязров, 1999, 2002). Заключение же о загрязнении делают уполномоченные государственные ведомства на основе установленных нормативов, основу которых составляют предельно допустимые концентрации (ПДК) веществ в продуктах, компонентах среды.

Территория, материал, методы

Первого июля 2012 г. столица России г. Москва значительно расширила свою территорию за счет присоединения к ее прежней части земель Московской обл., главным образом, сектора, примыкаю-

щего к Московской кольцевой автодороге (МКАД) между Киевским шоссе на западе, Варшавским – на востоке, Большим кольцом Московской железной дороги и границей с Калужской обл. – на юге (всего около 150 тыс. га). Расстояние от МКАД до границы с Калужской обл. по прямой составляет около 55 км, а между крайними западными и восточными точками присоединенной территории – около 45 км. На этой территории находятся населенные пункты разной категории (г. Троицк, городские поселки, сельские поселения), а также садовые и дачные участки, сельскохозяйственные угодья, земли лесного фонда с хвойно-лиственными лесами. В целом это равнина с абсолютными высотами около 200 м, развитой речной сетью (реки Десна, Пахра, Мбча, Лопасня и другие). Территорию в разных направлениях пересекают автомобильные (Калужское, Киевское шоссе, части Симферопольского шоссе и Бетонного кольца) и железные (Курского и Киевского направления, часть Большого кольца Московской железной дороги) дороги; здесь располагается аэропорт «Внуково».

Климат Москвы характеризуют в целом как умеренно-континентальный, с умеренно-суровой и снежной зимой и сравнительно теплым летом. В течение года в потоках преобладающего западного переноса здесь преобладает континентальный воздух умеренных широт (Климат..., 2006, с. 9). Присоединенная к Москве территория в отношении экологической ситуации, главным образом состояния воздушной среды, находится под воздействием прежде всего Москвы в прежних границах, так как столица выступала как единый крупнейший источник загрязнения для прилегающих к ней районов, воздействие которого простиралось на несколько десятков километров от города в толще воздуха до 200 м от поверхности (Обухов, 1982). Также определенное воздействие на состояние воздушной среды присоединенной территории оказывали и промышленные предприятия Подольска, Климовска, Апрелевки, а на прилегающие к автодорогам участки – выбросы транспортных средств. В 2013 г. степень загрязнения воздуха Москвы по принятым показателям оценивалась как очень высокая, а Подольска – как низкая (Бюллетень...). Подольский вариант, вероятно, можно экстраполировать и на присоединенную к Москве территорию.

Для создания сети участков длительного мониторинга за показателями эпифитной лишенобиоты присоединенная территория по результатам рекогносцировочного обследования была разделена на примерно равные по площади участки в целях

более детального обследования каждого из них по единой методике. Границами участков стали каждые 05' широты и 10' долготы, начиная с 55°10' с.ш. на юге и 36°50' в.д. на западе. Всего таких участков оказалось 17 (их рабочие наименования соответствуют наиболее значимым населенным пунктам и ж.-д. платформам в пределах участка): I – Рогово–Бунчиха (между 55°10'–55°15' с.ш. и 37°00'–37°10' в.д.), II – Жохово–Кленово (между 55°15'–55°20' с.ш. и 37°20'–37°30' в.д.), III – свх.Вороново–Ясенки (между 55°15'–55°20' с.ш. и 37°10'–37°20' в.д.), IV – Кресты–Юрьевка (между 55°15'–55°20' с.ш. и 37°00'–37°10' в.д.), V – Курилово–Кисилево (между 55°20'–55°25' с.ш. и 37°20'–37°30' в.д.), VI – Чириково (между 55°20'–55°25' с.ш. и 37°10'–37°20' в.д.), VII – Плесково–Ярцево (между 55°20'–55°25' с.ш. и 37°00'–37°10' в.д.), VIII – Манчихино (между 55°20'–55°25' с.ш. и 36°50'–37°00' в.д.), IX – Яковлево (между 55°25'–55°30' с.ш. и 37°20'–37°30' в.д.), X – Красная Пахра–Поляны (между 55°25'–55°30' с.ш. и 37°10'–37°20' в.д.), XI – Секерино (между 55°25'–55°30' с.ш. и 37°00'–37°10' в.д.), XII – Ожигово–Рассудово (между 55°25'–55°30' с.ш. и 36°50'–37°00' в.д.), XIII – Бутово–Щербинка (между 55°30'–55°35' с.ш. и 37°30'–37°40' в.д.), XIV – Ракитки–Филимонки (между 55°30'–55°35' с.ш. и 37°20'–37°30' в.д.), XV – Птичное–Рогозиново (между 55°30'–55°35' с.ш. и 37°10'–37°20' в.д.), XVI – Картмазово–Московский (между 55°35'–55°40' с.ш. и 37°20'–37°30' в.д.), XVII – Внуково–Мичуринец (между 55°35'–55°40' с.ш. и 37°10'–37°20' в.д.). На каждом из этих участков было обследовано и зафиксировано состояние эпифитной лишенобиоты на стволах 50 взрослых отдельно стоящих и прямо растущих лиственных деревьев на высоте от 1,0 до 1,5 м от поверхности почвы, используя учетную площадку 20×50 см, которая разделена на квадраты 10×10 см. Обследовались деревья только с наличием эпифитных лишайников на указанном ранее отрезке ствола.

Учетную площадку закладывали на той стороне ствола, где наиболее развит покров эпифитных лишайников. Фиксировали видовой состав лишайников, покрытие, жизнеспособность вида, его встречаемость на учетной площадке (% относительно 10 квадратов по 10×10 см). Сведения о встреченных на площадке видах, их характеристики вносились в специальный бланк. Положение каждого дерева, с которого отбирали пробу, позиционировалось навигатором «Garmin GPS eTrex» (точность <15 м), что позволит через определенный период вновь найти это место и выявить возможные изменения

эпифитного лишайникового покрова, т.е. осуществлять мониторинг. Всего за период исследования на перечисленных 17 участках обследовано 850 деревьев, сделано 850 описаний эпифитного лишайникового покрова, собрано около 500 пакетов с лишайниками для дальнейшей идентификации видов, представителей которых не удалось идентифицировать непосредственно при обследовании участков.

Идентификация собранных образцов лишайников проведена в Лаборатории экологического мониторинга в регионах АЭС и биоиндикации Института проблем экологии и эволюции РАН (Москва) с использованием Учебного определителя лишайников Средней России (Мучник и др., 2011) и выпусков Определителя лишайников СССР и России (1971–2008), с помощью бинокулярной лупы и светового микроскопа, а также реактивов, необходимых для определения лишайников (растворы едкого калия, белильной извести, парафенилендиамина). К сожалению, часто встречающиеся на обследованной территории представители рода *Lepraria*, систематика которых на уровне видов базируется на наличии/отсутствии вторичных метаболитов, идентифицируемых с применением хроматографии, до вида не определены из-за отсутствия возможностей использовать этот инструментарий.

После определения видов в специальную таблицу (формат Microsoft Excel) вносили сведения о каждой учетной площадке: номер учетной площадки, название обследованной древесной породы, координаты дерева, название вида лишайника, его покрытие (%), частота встречаемости (в баллах от 1 до 5, согласно приведенным в предшествующем разделе показателям), величина индекса чистоты атмосферы, определенная как сумма баллов частоты встречаемости всех видов учетной площадки (виды, покрытие которых превышало 50%, получили дополнительно 5 баллов). Индекс чистоты атмосферы всего участка представляет среднюю величину для 50 обследованных на нем деревьев. Эта таблица с фактическими данными доступна в Интернет (Бязров, 2014).

Результаты и обсуждение

Всего на учетных площадках были зафиксированы представители следующих 62 видов лишайников (вслед за названием таксона в скобках первая цифра означает число деревьев, на которых встречен вид; вторая – число участков, где вид представлен): *Amandinea punctata* (Hoffm.) Coppins (21; 12), *Anaptychia ciliaris* (L.) Körb. (1; 1), *Biatora globulosa*

(Flörke) Fr. (138; 17), *B. helvola* Körb. ex Hellb. (122; 15), *Caloplaca cerina* (Ehrh. ex Hedwig) Th.Fr. (77; 15), *C. pyracea* (Ach.) Th.Fr. (253; 17), *Candelariella xanthostigma* (Pers. ex Ach.) Müll. Arg. (242; 17), *Cetraria sepincola* (Ehrh.) Ach. (4; 4), *Chrysothrix candelaris* (L.) J.R. Laundon (319; 17), *Cladonia chlorophaea* (Flörke ex Sommerf) Spreng. (1; 1), *C. coniocraea* (Flörke) Spreng. (56; 14), *C. fimbriata* (L.) Fr. (49; 12), *C. pyxidata* (L.) Hoffm. (11; 3), *C. squamosa* (Scop.) Hoffm. (5; 4), *Cliostomum corrugatum* (Ach.) Fr. (1; 1), *Evernia mesomorpha* Nyl. (12; 6), *E. prunastri* (L.) Ach. (68; 19), *Hypocnomyce scalaris* (Ach. ex Lilj.) M. Choisy (49; 13), *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl. (405; 17), *Lecanora allophana* (Ach.) Nyl. (5; 4), *L. argentata* (Ach.) Malme (153; 17), *L. carpinea* (L.) Vain. (5; 4), *L. hagenii* (Ach.) Ach. (11; 7), *L. populicola* (DC.) Duby (43; 12), *L. symmicta* (Ach.) Ach. (44; 10), *L. varia* (Hoffm.) Ach. (111; 17), *Lecidella euphorea* (Flörke) Hertel (109; 14), *Lepraria* spp. (148; 16), *Melanelia exasperata* (De Not.) Essl. [= *Melanohalea exasperata* (De Not.) O. Blanco et al.] (4; 2), *M. exasperatula* (Nyl.) Essl., [= *Melanohalea exasperatula* (Nyl.) O. Blanco et al.] (7; 5), *M. fuliginosa* (Fr. ex Duby) Essl. [= *Melanolexia fuliginosa* (Fr. ex Duby) O. Blanco et al.] (1; 1), *M. olivacea* (L.) Essl. [= *Melanohalea olivacea* (L.) O. Blanco et al.] (3; 3), *M. subaurifera* (Nyl.) Essl. [= *Melanelixia subaurifera* (Nyl.) O. Blanco et al.] (4; 4), *Micarea lignaria* (Ach.) Hedl. (1; 1), *Parmelia sulcata* Tayl. (786; 17), *Parmeliopsis ambigua* (Wulfen) Nyl. (2; 2), *P. hyperopta* (Ach.) Arnold (1; 1), *Pertusaria albescens* (Huds.) M.Choisy et Werner (6; 4), *P. amara* (Ach.) Nyl. (1; 1), *P. coronata* (Ach.) Th. Fr. (1; 1), *P. leioplaca* DC. (8; 3), *Phaeophyscia nigricans* (Flörke) Moberg (127; 15), *Ph. orbicularis* (Neck.) Moberg (680; 17), *Phlyctis argena* (Spreng.) Flot. (4; 2), *Physcia adscendens* H.Oliver (495; 17), *P. dubia* (Hoffm.) Lettau (194; 17), *P. stellaris* (L.) Nyl. (547; 17), *P. tenella* (Scop.) DC. (98; 15), *P. tribacia* (Ach.) Nyl. (1; 1), *Physconia detersa* (Nyl.) Poelt (60; 12), *Ph. distorta* (With.) J.R. Laundon (365; 17), *Ph. grisea* (Lam.) Poelt (1; 1), *Ramalina farinacea* (L.) Ach. (6; 5), *R. pollinaria* (Westr.) Ach. (4; 2), *Rinodina pyrina* (Ach.) Arnold (17; 7), *R. septentrionalis* Malme (27; 10), *Scoliosporum chlorococcum* (Graewe ex Stenh.) Vezda (15; 8), *Strangospora deplanata* (Almq.) Clauzade et Cl.Roux (3; 1), *Vulpicida pinastri* (Scop.) J.-E. Mattsson (52; 15), *Xanthoria candelaria* (L.) Th. Fr. (17; 11), *X. parietina* (L.) Th. Fr. (752; 17), *X. polycarpa* (Hoffm.) Rieber (14; 5).

Вне учетных площадок на обследованных деревьях были встречены *Cladonia cenotea* (Ach.) Schaer., *C. glauca* Flörke, *C. subulata* (L.) F.H.Wigg.,

Graphis scripta (L.) Ach., *Lecania cyrtella* (Ach.) Th.Fr., *L. fuscella* (Schaer.) A. Massal. *Lecanora albella* (Pers.) Ach., *L. albellula* (Nyl.) Th. Fr., *Lecidella elaeochroma* (Ach.) M.Choisy, *Pachyphiale fagicola* (Hepp.) Zwackh., *Peltigera canina* (L.) Willd., *Physcia leptalea* (Ach.) DC, *Usnea hirta* (L.) Weber ex Wigg.

Представители только пяти видов (*Physcia adscendens*, *Ph. stellaris*, *Parmelia sulcata*, *Phaeophyscia orbicularis*, *Xanthoria parietina*) встречены более чем на половине обследованных стволов деревьев, из которых последние три отмечены на >75% стволов (относительно 850); 23 вида представлены на >75% участков, из них 14 видов зафиксированы на всех 17 участках (*Physcia adscendens*, *Ph. stellaris*, *Parmelia sulcata*, *Phaeophyscia orbicularis*, *Xanthoria parietina*, *Biatora globulosa*, *Caloplaca pyracea*, *Candelariella xanthostigma*, *Chrysothrix candelaris*, *Hypogymnia physodes*, *Lecanora argentata*, *L. varia*, *Physcia dubia*, *Physconia distorta*). Большинство этих лишайников принадлежат к видам, высокая частота встречаемости которых и обилие свидетельствуют о значительной эвтрофикации среды за счет пыли, соединений азота (Бязров, 2009; Wirth, 2010), нейтральных и щелочных дождевых осадков в Московском регионе в последние 20 лет (Еремينا, 2004). На обследованных деревьях не зафиксированы представители родов *Bryoria*, *Usnea*, виды которых требовательны к качеству воздуха, а встреченные виды рода *Ramalina* представлены единичными чахлами экземплярами.

Средние величины ИЧА для участков и всей территории показаны в таблице. Они варьируют от 21 на участке Бутово–Щербинка до 43 – в Рогово–Бунчиха. Диапазон конкретных величин ИЧА отдельных деревьев гораздо шире (от 5 на участке Внуково–Мичуринец до 59 – на участке Рогово–Бунчиха). Но значения коэффициентов вариации величин ИЧА на каждом участке низкие, что, вероятно, является следствием большой выборки (50 деревьев на каждом участке и 850 – на всей территории).

Коэффициенты корреляции между числом видов на учетной площадке, заложенной на дереве, и величиной ИЧА для него на каждом отдельном участке очень высокие (от 0,75 до 0,94), что соответствует вероятности $p = 99\%$. Однако значение коэффициента корреляции (0,45) между числом видов лишайников на участке и средней величиной ИЧА на нем статистически недостоверно, поскольку меньше величины, соответствующей вероятности $p = 95\%$. Это указывает, с одной стороны, на относительно сходные условия в пределах

Средняя величина (M), ошибка средней ($\pm m$) Индекса чистоты атмосферы (ИЧА) и другие его статистические показатели на участках обследованной территории

Участок (число видов)	$M \pm m$	Стандартное отклонение	Минимальная величина ИЧА	Максимальная величина ИЧА	Коэффициент вариации
I (33)	43±1	6	31	59	14
II (33)	37±1	6	22	53	16
III (35)	34±1	7	21	51	21
IV (38)	33±1	6	15	43	18
V (26)	32±1	6	20	44	19
VI (38)	33±1	6	21	53	18
VII (36)	35±1	5	23	54	14
VIII (31)	28±1	5	13	37	18
IX (27)	30±1	6	13	42	20
X (36)	32±1	8	19	47	25
XI (38)	30±1	6	21	53	20
XII (37)	28±1	6	14	45	21
XIII (25)	21±1	6	8	36	29
XIV (28)	28±1	5	19	44	18
XV (29)	29±2	6	18	44	21
XVI (22)	23±1	5	15	32	22
XVII (35)	24±1	8	5	51	33
Вся терр. (62)	31±1	5	5	59	20

участков, с другой – на разнообразие условий на всей обследованной территории.

Попарное сравнение величин ИЧА на деревьях всех 17 участков с применением критерия Стьюдена (t) стало основой пространственного группирования участков по отсутствию статистически значимых ($p = 95\%$) различий между средними величинами ИЧА (рисунок). Один кластер образовали участки с минимальными их значениями (XIII, XVI и XVII), расположенные на севере территории и примыкающие к прежней границе Москвы (МКАД). На самом южном участке Рогово–Бунчиha и юго-восточном (Жохово–Кленово) зафиксированы наиболее высокие значения ИЧА, но различия между их величинами статистически значимы, поэтому каждый из них образовал отдельный выдел (рисунок). Еще два кластера объединили по 6 участков каждый, причем участки с меньшими величинами ИЧА располагаются севернее, ближе к кластеру с минимальными значениями ИЧА, и западнее, примыкая к Киевскому направлению транспортных потоков. Шесть участков другого кластера расположены южнее.

Итак, на обследованной территории наблюдается следующая тенденция: чем ближе участок к прежней границе города (МКАД), тем меньше величина ИЧА. Можно полагать, что это следствие ухудшения качества среды, негативно влияющего на развитие лишайников в северной части присоединенной территории.

Подобное ранжирование территории по величинам ИЧА подтверждает упомянутое ранее суждение о негативном воздействии столицы на состояние среды на многие десятки километров от ее границ (Обухов, 1982).

Ранее я отмечал, что эмпирически установленные зависимости между показателями лишайников и качеством среды действительны лишь для той местности, где проводилось исследование. Также можно сравнивать лишь результаты, полученные одинаковыми методами. Поэтому я воздержусь от сравнения приведенных здесь данных с материалами лихеноиндикационных исследований других авторов, поскольку либо они были получены другими методами, либо имеется значительная разница по срокам сбора материалов, поскольку в по-

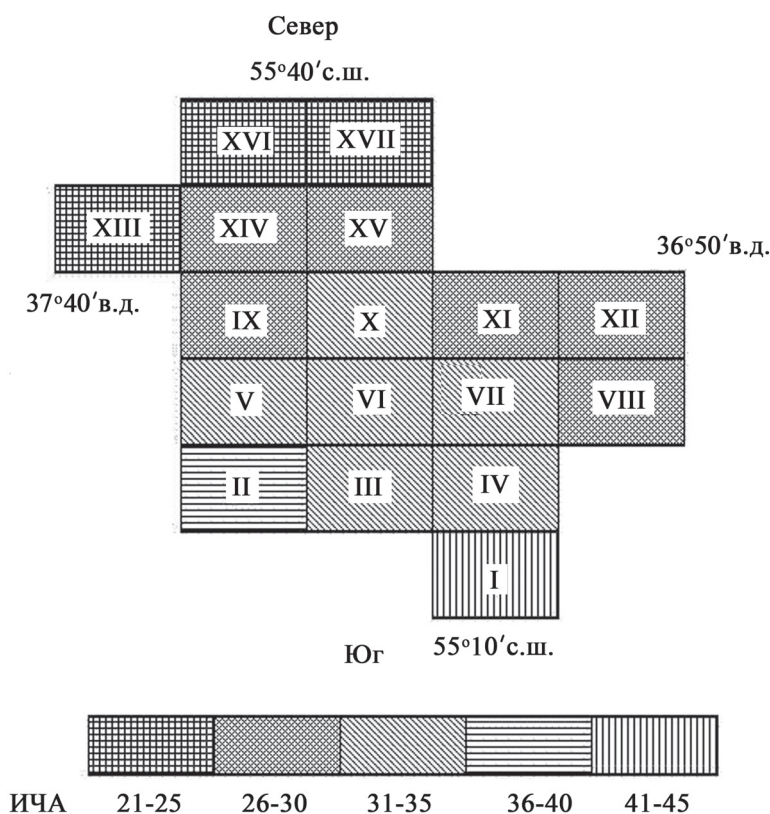


Схема пространственного распределения средних величин ИЧА на участках (I–XVII) присоединенной территории

следние годы наблюдаются относительно быстрые изменения показателей лишенобиоты из-за изменений климата (van Herk et al., 2002) и снижения индустриальной активности. Последнее наглядно было показано для территории Москвы в пределах МКАД (Бязров, 2009).

Следует отметить, что на обследованной территории отсутствуют участки (в использованном масштабе сбора материала), называемые «лишайниковая пустыня», т.е. площади, где лишайники отсутствуют или число их видов единично. Они отсутствовали и в 2006–2007 гг. в пределах МКАД, хотя в начале 1990-х годов «лишайниковая пустыня» в городе занимала значительные площади (Бязров, 1996, 1999, 2002, 2009).

Полученные результаты позволяют оценить обследованную территорию в понятиях концепции «здоровье экосистемы» (Rapport, 1989; McCune, 2000). Я понимаю под «здоровьем экосистемы» степень соответствия выявленных интегральных признаков изучаемой экосистемы ожидаемым в данном месте ее идеальным свойствам, представление о которых складывается либо на основе личного опыта эксперта, либо результатов других исследований аналогичных экосистем. Диагноз может ставиться путем сравнения широкого ком-

плекса показателей обследованной экосистемы с признаками другой, идеализированной, экосистемы (Biazrov, 1994; Бязров, 1995, 2002). В данном случае я ориентируюсь на шкалу степени отклонения обследованных участков от свойств естественных экосистем, не подвергавшихся воздействию хозяйственной деятельности людей (Nimis et al., 2000), или на их окультуренность (гемеробность). Средняя величина ИЧА (31) для всей присоединенной территории свидетельствует о высокой степени ее отличия от естественных экосистем. Даже два участка с высокими значениями ИЧА (Рогово–Бунчиха и Жохово–Кленово) примерно на 40–50% преобразованы в результате многовековой хозяйственной деятельности людей. Три участка с низкими значениями ИЧА отличаются от естественных примерно на 80–85% (Nimis et al., 2000). Остальные участки трансформированы примерно на 50–75%.

Автор, планируя данное исследование, полагал, что представленные результаты о величинах ИЧА, установленные по показателям лишенобиоты, а также одновременно проведенные измерения концентрации ряда элементов в слоевищах *Xanthoria parietina* с тех же участков (Бязров, Пельгунова, 2013), станут «точкой отсчета» в будущем мони-

торинге качества среды обследованной территории. Позволю высказать пожелание, чтобы при планировании распространения на обследованную территорию столичных функций и особенно при осуществлении этих планов, качество среды осталось бы на приемлемом для жизни уровне. А суждение об этом можно будет сделать после сравнения результатов будущих аналогичных исследований с данными, публикуемыми здесь и на сайте ИПЭЭ РАН.

Работа выполнена в Лаборатории экологического мониторинга в регионах АЭС и биоиндикации Института проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН при финансовой поддержке Программы фундаментальных исследований Президиума РАН «Живая природа: современное состояние и проблемы развития». Я благодарю анонимного рецензента за доброжелательный отзыв и конструктивные рекомендации, которые были учтены при доработке рукописи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Бюллетень «Состояние загрязнения окружающей среды на территории Московского региона в 2013 году» // Электр. ресурсы. URL: <http://ecomos.ru/kadr22/sostojanieZagrOSgod.asp>
- Бязров Л.Г. (*Biazrov L.G.*). Ecosystem health as a new paradigm for ecological assessment and some aspects of lichens use for ecosystem state control // Проблемы изучения биологического разнообразия водорослей, грибов, мохообразных Арктики. Международная конференция, Санкт-Петербург, 12–16 декабря, 1995 г. Программа и тезисы докладов. СПб., 1995. С. 35–36.
- Бязров Л.Г. Видовое разнообразие лишайников Москвы // Бюл. МОИП. Отд. биол. 1996. Т. 101. Вып. 3. С. 68–77.
- Бязров Л.Г. Индекс развития эпифитных лишайников и оценка состояния воздушного бассейна г. Москвы // Бюл. МОИП. Отд. биол. 1999. Т. 104. Вып. 6. С. 30–40.
- Бязров Л.Г. Лишайники в экологическом мониторинге. М., 2002. 336 с.
- Бязров Л.Г. Эпифитные лишайники г. Москвы: современная динамика видового разнообразия. М., 2009. 146 с.
- Бязров Л.Г. База данных для определения Индекса чистоты атмосферы по показателям эпифитной лишенобиоты на участках присоединенной в 2012 г. к Москве территории как «точка отсчета» для долговременного мониторинга качества среды // Сайт ИПЭЭ РАН. URL: http://www.sevin.ru/laboratories/biazrov_index_of_air_quality.doc (2014)
- Бязров Л.Г., Максимова В.Ф., Рухадзе Е.В. Использование эпифитных лишайников для индикации степени загрязнения воздушной среды Москвы // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 1997. № 4. С. 32–36.
- Бязров Л.Г., Пельгунова Л.А. Динамика содержания элементов в слоевищах эпифитного лишайника *Hypogymnia physodes* из Подмосковья // Иммунопатология, аллергология, инфектология. 2010. № 1. С. 90.
- Бязров Л.Г., Пельгунова Л.А. Пространственно-временные тренды величин концентрации некоторых элементов в слоевищах эпифитных лишайников из Подмосковья и ряда районов Москвы // Бюл. МОИП. Отд. биол. 2012а. Т. 117. Вып. 1. С. 59–69.
- Бязров Л.Г., Пельгунова Л.А. Градиентный анализ содержания мышьяка (As) в слоевищах эпифитного лишайника для установления воздействия металлургического завода на окружающую территорию // Современная микология в России. М., 2012 б. Т. 3. С. 243.
- Бязров Л.Г., Пельгунова Л.А. База данных о концентрации элементов в слоевищах лишайника *Xanthoria parietina* с присоединенной в 2012 г. к Москве территории как «точка отсчета» для долговременного мониторинга качества воздушной среды // Сайт ИПЭЭ РАН. URL: http://www.sevin.ru/laboratories/biazrov_Xanthoria_parietina.pdf; http://www.sevin.ru/laboratories/biazrov_Xanthoria_parietina.xls . (2013)
- Еремич И.Д. Многолетние наблюдения за химическим составом атмосферных осадков // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2004. № 2. С. 21–26.
- Климат, качество воздуха и здоровье москвичей. М., 2006. 246 с.
- Максимова В.Ф., Бязров Л.Г. Карта, текст «Оценка загрязнения воздуха по данным о распространении лишайников» // Экологический атлас Москвы. М., 2000. С. 66–67.
- Мучник Е.Э., Инсарова И.Д., Казакова М.В. Учебный определитель лишайников Средней России: учебно-методическое пособие. Рязань, 2011. 360 с.
- Обухов А.М. Контроль чистоты воздушного океана // Город, природа, человек. М., 1982. С. 91–108.
- Шевченко В.П., Покровский О.С., Стародымова Д.П., Васюкова Е.В., Лисицын А.П., Дровнина С.И., Замбер Н.С., Махнович Н.М., Саввичев А.С., Сонке Й. Геохимия эпигейных лишайников водосборного бассейна Белого моря // Докл. АН. 2013. Т. 450. С. 87–93.
- Шешунов И.В., Гильмиярова Ф.Н., Гергель Н.И., Самыкина Л.Н., Баишева Г.М., Сапрыкина А.Г., Рожкова О.В. Зависимость заболеваемости населения от специфических промышленных выбросов // Гигиена и санитария. 1999. № 3. С. 5–9.
- Biazrov L.G. Lichens as indicators of ecosystem health // Abstracts of 1st International symposium on ecosystem health and medicine: Integrating science, policy and management. June 19–23 1994, Ottawa, Ontario, Canada. 1994. P. 10.
- Cislaghi C., Nimis P.L. Lichens, air pollution and lung cancer // Nature. 1997. Vol. 387. P. 463–464.
- DeSloover J., LeBlanc F. Mapping of atmospheric pollution on the basis of lichen sensitivity // Proceedings of the symposium in recent advances in tropical ecology. International society for tropical ecology, Banaras Hindu University, Varansi / Eds. R. Misra, B. Gopal. 1968. P. 42–56.
- van Herk C.M., Aptroot A., H. F., van Dobben H.F. Long-term monitoring in the Netherlands suggests that lichens

- respond to global warming // *Lichenologist*. 2002. Vol. 34. P. 141–154.
- Herzig R., Urech M.* Flechten als Bioindikatoren // *Bibliotheca lichenologica*. 1991. Bd 43. S. 1–283.
- LeBlanc F., DeSloover J.* Relation between industrialization and the distribution and growth of epiphytic lichens and mosses in Montreal // *Canad. j. bot.* 1970. Vol. 48. P. 1485–1496.
- McCune B.* Lichen communities as indicators of forest health // *Bryologist*. 2000. Vol. 103. P. 353–356.
- Nimis P.L., Lazzarini A., Lazzarini G., Gasparo D.* Lichens as bioindicators of air pollution by SO₂ in the Veneto region (NE Italy) // *Studia geobotanica*. 1991. Vol. 11. N 1. P. 3–76.
- Nimis P.L., Lazzarini G., Lazzarini A., Skert N.* Biomonitoring of trace elements with lichens in Veneto (NE Italy) // *Science of the total environment*. 2000. Vol. 255. P. 97–111.
- Rapport D.J.* What constitutes ecosystem health? // *Perspectives in biology and medicine*. 1989. Vol. 33. P. 120–132.
- Shukla V., Upreti D.K., Bajpai R.* Lichens to biomonitor the environment. New Delhi, 2014. 185 pp.
- Wirth V.* Ökologische Zeigerwerte von Flechten – erweiterte und aktualisierte Fassung // *Herzogia*. 2010. Bd 23. S. 229–248.

Поступила в редакцию 07.10.14

SPATIAL DISTRIBUTION OF AN INDEX OF ATMOSPHERIC PURITY ON AREA INTEGRATED TO MOSCOW CITY TERRITORY IN 2012 DETERMINED BY PARAMETERS OF EPIPHYTIC LICHEN BIOTA

L.G. Biazrov

The data are given on distribution of values of an Index of Atmospheric Purity on parameters of epiphytic lichen biota, collected in 2012–2013 on 850 deciduous trees from 17 plots of area integrated to Moscow city territory in 2012. The index is determined for each plot. The results of research are offered as baseline for possible future monitoring of an environment quality of the territory under study by parameters of lichen biota.

Key words: Moscow; monitoring; baseline; lichens; index of atmospheric purity.

Сведения об авторе: *Бязров Лев Георгиевич* – вед. науч. сотр. Института проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, канд.биол.наук. (lev.biazrov@rambler.ru).