

УДК 581.5 : 638.138 (477.60)

© А. И. Сафонов, Н. С. Захаренкова

ДИАГНОСТИКА ВОЗДУХА В Г. ДОНЕЦКЕ ПО СПЕКТРУ СКУЛЬПТУР ПОВЕРХНОСТИ ПЫЛЬЦЫ СОРНО-РУДЕРАЛЬНЫХ ВИДОВ РАСТЕНИЙ

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет»

283050, г. Донецк, ул. Щорса, 46; e-mail: andrey_safonov@mail.ru

Сафонов А. И., Захаренкова Н. С. Диагностика воздуха в г. Донецке по спектру скульптур поверхности пыльцы сорно-рудеральных видов растений. – Реализован подход оценки качества запыленности воздуха некоторых улиц г. Донецка с помощью анализа поверхностных скульптур пыльцы сорно-рудеральных видов растений. Составлены списки видов растений и определен их вклад в общем спектре наличия пыльцы в воздухе. Установлена сезонная специфика пыльцевого загрязнения воздуха в г. Донецке.

Ключевые слова: пыльца, г. Донецк, качество воздуха, мониторинг.

Введение

Параметры состояния экологических сред в промышленном регионе могут включать бесчисленное множество индикаторов и критериев, которые в совокупности формируют антропогенную нагрузку на геосистемы. В этих системообразующих балансах особое значение имеют те показатели, влияние которых прямо или опосредованно связано с качеством жизни и уровнем здоровья человеческой популяции: в регионе или в общепланетарном масштабе. В этой связи учеными-экологами, гигиенистами и нормоконтролерами на предприятиях и в социально-бытовой сфере отбираются для анализа состояния окружающей среды именно те параметры, которые в каждом конкретном случае (сезоне, регионе, общественных и производственных объединениях) обуславливают группу риска, т.е. концентрация или уровень каждого конкретного фактора в сложившихся условиях достигает такого значения, при котором может представлять угрозу функциональной полноценности системам жизнеобеспечения человека.

В условиях степного климата и повышенного уровня техногенных нагрузок в промышленном мегаполисе (г. Донецке) в летний и раннеосенний периоды формируются особые агрессивные состояния приземного слоя атмосферы, при которых факторы сухости воздуха и его запыленности превышают пределы выносливости систем человеческого гомеостаза, что отражается в появлении многочисленных неспецифических иммунных ответов. В гигиенических справочниках и пособиях [2, 14, 16, 25] понятия «пыль» и «пыльца» отождествляются, однако механизм воздействия этих агентов принципиально различен, что требует организации дополнительных иммунологических и санитарных экспериментов.

С учетом многолетних разработок учеными кафедры ботаники и экологии Донецкого национального университета в сфере индикации экологического баланса в природных системах [9, 20–24] и имеющегося опыта по изучению пыльцевого материала в натурном анализе [3, 7, 8, 22] представляется возможным проведение исследований по аэропалинологической диагностике разных участков жилых и рекреационных зон центральных районов г. Донецка.

Цель работы – в условиях сформированной сорно-рудеральной специфики урбанофлоры составить диагностические сезонные спектры пыльцевых рядов для селитебных экотопов Донецка. Достижение этой цели можно рассматривать как стартовую программу по разработке фундаментальных основ гигиенического менеджмента городской среды и как необходимый элемент реализации государственного экологического мониторинга в промышленном регионе.

Современные исследования в этом тематическом направлении реализованы либо для других регионов [4, 10, 13, 18, 19, 25], что подтверждает их актуальность для территории центрального Донбасса, либо в историко-археологическом датировании былых эпох и палинографии [6, 12, 15, 17] с уже сравнительно давно (более 30–40 лет) составленным

справочным терминологическим, таксономическим и структурным аппаратом в палинологии [1, 5, 11].

Материал и методика исследования

В указанном блоке исследований палинологический материал собирали в первые декады месяцев с июня по сентябрь 2015–2016 гг. в центральных районах г. Донецка. Мониторинговая сетка была ориентирована вдоль центральных улиц города, были сформированы скелетные блоки информационных постов общей сети наблюдений. Сбор осадочного материала проводили на липких лентах в соответствии с методиками [3-5, 7, 8, 15, 16, 22, 25].

В пятикратной повторности эксперимента точки забора пыльцы и пылевых частиц располагали на высоте 130 см. Такая высота соответствует уровню большинства проб для поллютоисследований приземного слоя атмосферы в мониторинговых программах.

Объекты анализа подвергали микрокопированию в условиях окрашивания метиленовым синим. Светооптическое изучение проведено на микроскопе Ergaval с использованием винтового окулярного микрометра (МОВ – 1-15×), окуляров 3, 10, 40 и 90. Полной выборкой считали образцы, имеющие не менее 300 пыльцевых зерен в 10 полях зрения микроскопа на минимальном из указанных увеличений. В соответствии с целью исследования и с учетом гипсометрической разницы расположения ограниченных в движении фиксированных пыльцевых зерен проводили идентификацию (таксоноспецифичность) 500 пыльцевых зерен в неповторяющихся участках пленки. Для изучения скульптуры пыльцевых зерен использовали метод косого освещения (вариант метода светлого поля в отраженном свете) при смещении апертурной диафрагмы в направлении, перпендикулярном оптической оси. Размер пыльцевых зерен имел значение только для таксономической идентификации [5, 11, 15]. В связи со спецификой перемешивания воздушных масс в приземном слое атмосферы все базовые точки сбора осадочного материала разделили на две группы: перекрестки автодорог (1-10) и парковые рекреационные зоны (11-15).

Список пробных площадок:

- 1) пересечение улицы Артема и проспекта Лагутенко;
- 2) пересечение улицы Артема и проспекта Ильича;
- 3) пересечение улицы Артема и бульвара Шевченко;
- 4) пересечение улицы Артема и улицы Челюскинцев;
- 5) пересечение улицы Артема и улицы Орбиты;
- 6) пересечение улицы Щорса и проспекта Ватутина;
- 7) пересечение проспекта Ильича и улицы Марии Ульяновой;
- 8) пересечение проспекта Ильича и бульвара Шахтостроителей;
- 9) пересечение бульвара Шевченко и бульвара Шахтостроителей;
- 10) пересечение проспекта Мира и проспекта Червоногвардейский;
- 11) центральная часть бульвара Пушкина;
- 12) Городской парк культур и отдыха (парк Ленинского комсомола);
- 13) парк Победы (набережная р. Кальмиус, Калининский район);
- 14) центральный парк культуры и отдыха им. А. С. Щербакова;
- 15) парк кованых фигур.

Целевая программа не была ориентирована на абсолютные количественные показатели плотности пыльцевого материала в воздухе. Главная задача состояла в идентификации основных, наиболее часто встречающихся пыльцевых зерен видов по скульптуре поверхности свободных элементов мужского гаметофита покрытосеменных растений сорно-рудеральной фракции урбанофлоры в указанных мониторинговых точках Донецка в 2015 и 2016 гг.

Диагностические сезонные спектры пыльцевых рядов для конкретных селитебных экотопов Донецка представляют собой последовательность скульптур шести доминирующих видов в группе мониторинговых точек.

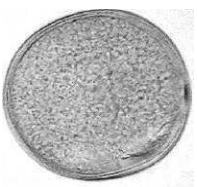
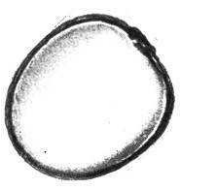
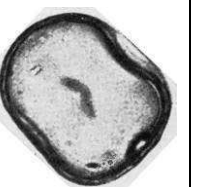
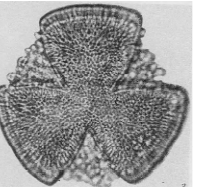
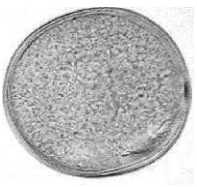
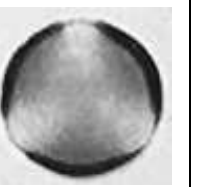
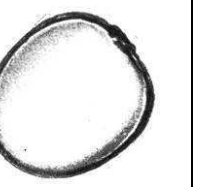
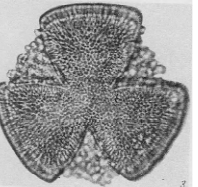
Результаты и обсуждение

В июне 2015 и 2016 гг. результаты палиносборов в целом идентичны, за исключением большего участия видов семейств Poaceae и Brassicaceae в общем спектре разнообразия пыльцевых зерен в 2016 г., что связано с большим количеством осадков в мае – июне 2016 г.

Доминантный палиноспектр первой декады июня (табл. 1) включает последовательность следующих видов растений: *Dactylis glomerata* L., *Bromopsis inermis* (Leyss.) Holub, *Bromus arvensis* L., *Reseda lutea* L., *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik., *Convolvulus arvensis* L., *Diplotaxis muralis* (L.) DC., *Elytrigia repens* (L.) Nevski, *Brassica campestris* L., *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth, *Chelidonium majus* L., *Berteroa incana* (L.) DC., *Sinapis alba* L., *Deschampsia caespitosa* (L.) Beauv., *Digitaria sanguinalis* (L.) Scop., *Tragopogon major* Jacq., *Sisymbrium polymorphum* (Murray) Roth, *Diplotaxis tenuifolia* (L.) DC., *Sinapis arvensis* L., *Erucastrum armoracioides* (Czern. Ex Turcz.), *Euphorbia seguieriana* Neck., *Oberna behen* (L.) Ikonn., *Papaver rhoeas* L., *Rumex crispus* L., *Senecio vulgaris* L., *Thlaspi arvense* L. В табл. 1–3 и 5 указаны названия родов в визуализационной схеме результатов эксперимента.

Таблица 1

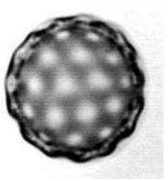
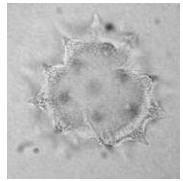
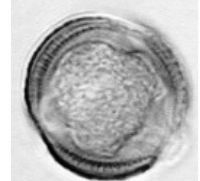
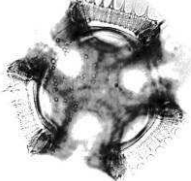
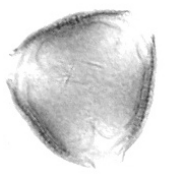
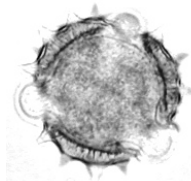
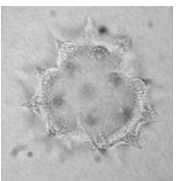
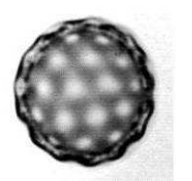
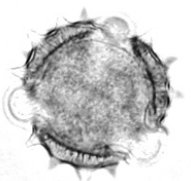
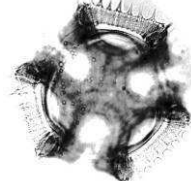
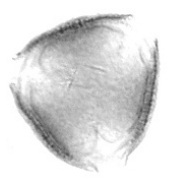
Соотношение палинотруктур в спектре доминантных видов селитебных экотопов г. Донецка первой декады июня, %

Обобщенные данные по мониторинговым точкам 1-10					
					
17-19	11-12	10-11	7-10	7-9	6-9
<i>Dactylis</i>	<i>Bromopsis</i>	<i>Bromus</i>	<i>Reseda</i>	<i>Capsella</i>	<i>Convolvulus</i>
Обобщенные данные по мониторинговым точкам 11-15 (рекреационные зоны)					
					
17-20	10-15	10-14	9-10	8-10	7-10
<i>Dactylis</i>	<i>Bromus</i>	<i>Capsella</i>	<i>Bromopsis</i>	<i>Reseda</i>	<i>Convolvulus</i>

Доминантный палиноспектр первой декады июля 2015 и 2016 гг. (табл. 2) в указанных мониторинговых точках в целом соответствует динамике фенопаузы цветения для сорно-рудеральных видов г. Донецка. Общий список идентифицированных видов в этот период следующий: *Atriplex hortensis* L., *Cyclachaena xanthiifolia* (Nutt.) Fresen., *Artemisia absinthium* L., *Cichorium intybus* L., *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle, *Achillea nobilis* L., *Amaranthus retroflexus* L., *Tripleurospermum inodorum* (L.) Sch. Bip., *Convolvulus arvensis* L., *Melilotus officinalis* (L.) Pall., *Daucus carota* L., *Diplotaxis muralis* (L.) DC., *Echium vulgare* L., *Fallopia convolvulus* (L.) A. Löve, *Galinsoga parviflora* Cav., *Galium mollugo* L., *Lactuca tatarica* (L.) C. A. Mey., *Melilotus albus* Medik., *Otites media* (Litv.) Klokov, *Persicaria maculata* (Rafin.) A. & D. Löve, *Coniza Canadensis* (L.) Cronq., *Plantago lanceolata* L., *Plantago major* L., *Polygonum aviculare* L., *Reseda lutea* L., *Salsola australis* R. Br., *Senecio vulgaris* L., *Tragopogon major* Jacq., *Xanthium albinum* (Widd.) H. Scholz. Для рекреационных зон отмечено меньшее доминирование отдельных видов и больший спектр видов в целом, что указывает на смягчение агрессивности среды по монодоминантному аэрозагрязнению.

Таблица 2

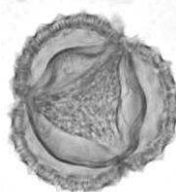
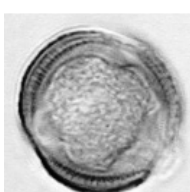
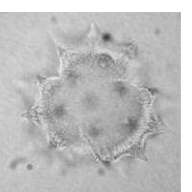
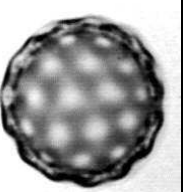
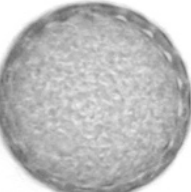
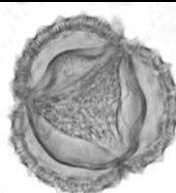
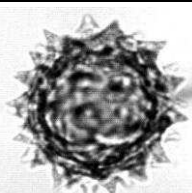
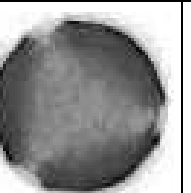
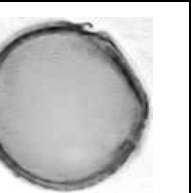
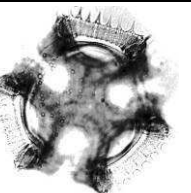
**Соотношение палиноструктур в спектре доминантных видов селитебных экотопов
г. Донецка первой декады июля, %**

Обобщенные данные по мониторинговым точкам 1-10					
					
более 20	15-17	13-14	13-14	10-11	5-7
<i>Atriplex</i>	<i>Cyclachaena</i>	<i>Artemisia</i>	<i>Cichorium</i>	<i>Ailanthus</i>	<i>Achillea</i>
Обобщенные данные по мониторинговым точкам 11-15 (рекреационные зоны)					
					
более 15	более 15	7-8	5-7	5-7	4-5
<i>Cyclachaena</i>	<i>Artemisia</i>	<i>Atriplex</i>	<i>Achillea</i>	<i>Cichorium</i>	<i>Ailanthus</i>

Доминантный палиноспектр первой декады августа в процентном соотношении между видовыми фракциями представлен в табл. 3. Результирующим обобщением в этом блоке экспериментов является существенное доминирование двух видов растений: *Ambrosia artemisiifolia* L. и *Artemisia vulgaris* L.

Таблица 3

**Соотношение палиноструктур в спектре доминантных видов селитебных экотопов
г. Донецка первой декады августа, %**

Обобщенные данные по мониторинговым точкам 1-10					
					
более 45	8-11	7-10	5-7	5-6	4-5
<i>Ambrosia</i>	<i>Artemisia</i>	<i>Cyclachaena</i>	<i>Atriplex</i>	<i>Echium</i>	<i>Chenopodium</i>
Обобщенные данные по мониторинговым точкам 11-15 (рекреационные зоны)					
					
более 35	6-8	6-8	6-7	4-5	3-5
<i>Ambrosia</i>	<i>Artemisia</i>	<i>Cirsium</i>	<i>Echium</i>	<i>Plantago</i>	<i>Cichorium</i>

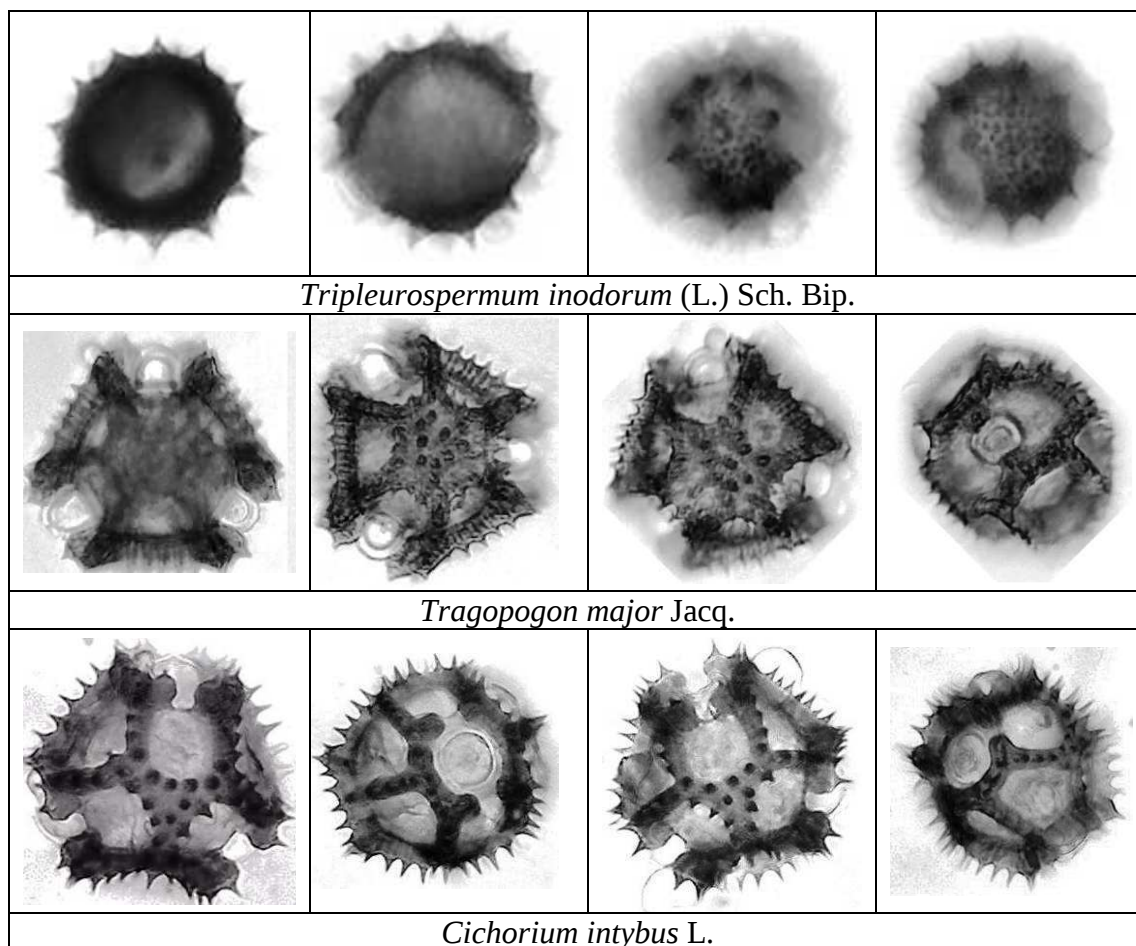
Для первой декады августа на лентах палиносборов идентифицированы следующие виды: *Ambrosia artemisiifolia* L., *Artemisia vulgaris* L., *Cyclachaena xanthiifolia* (Nutt.) Fresen., *Atriplex patula* L., *Echium vulgare* L., *Chenopodium album* L., *Cichorium intybus* L., *Cirsium arvense* (L.) Scop., *Plantago major* L., *Galinsoga parviflora* Cav., *Tripleurospermum inodorum* (L.) Sch. Bip., *Grindelia squarrosa* (Purch) Dunal, *Hyoscyamus niger* L., *Stenactis annua* Nees., *Lactuca tatarica* (L.) C. A. Mey., *Plantago lanceolata* L., *Centaurea diffusa* Lam., *Atriplex micrantha* C.A. Mey., *Melilotus officinalis* (L.) Pall., *Polygonum aviculare* L., *Polygonum patulum* M. Bieb., *Sonchus arvensis* L.

Летние месяцы в г. Донецке характеризуются доминированием в палиноспектрах представителей семейства Asteraceae. Идентификация их связана со сложной скульптурой, качественное разнообразие которой для трех отдельных видов из сборов мониторинговых точек 6 и 10 представлено в табл. 4.

В зависимости от глубины резкости и (или) положения пыльца в неизменном фиксировании относительно собственной оси залегания на плоскости могут получаться следующие варианты строений поверхностей (табл. 4).

Таблица 4

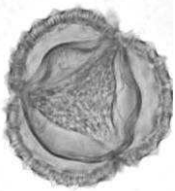
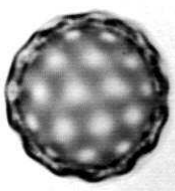
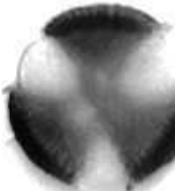
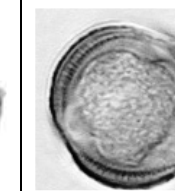
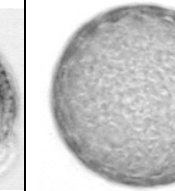
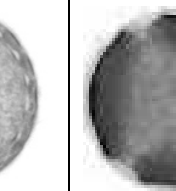
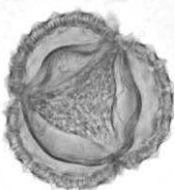
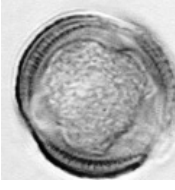
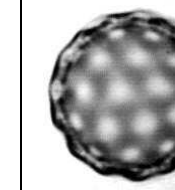
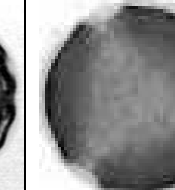
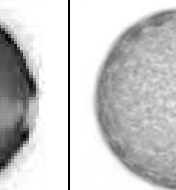
Качественная вариабельность скульптурирования пыльцевых зерен *Tripleurospermum inodorum* (L.) Sch. Bip., *Tragopogon major* Jacq. и *Cichorium intybus* L. в сборах 2016 г.



Доминантный палиноспектр первой декады сентября (табл. 5) содержит следующие виды: *Ambrosia artemisiifolia* L., *Atriplex patens* (Litv.) Iljin, *Diplotaxis muralis* (L.) DC., *Artemisia vulgaris* L., *Chenopodium album* L., *Echium vulgare* L., *Sonchus arvensis* L., *Brassica campestris* L., *Stenactis annua* Nees. Такой спектр обусловлен осенней ревитализацией представителей некоторых видов урбанofлоры, особенно семейства Brassicaceae.

Таблица 5

**Соотношение палиноструктур в спектре доминантных видов селитебных экотопов
г. Донецка первой декады сентября, %**

Обобщенные данные по мониторинговым точкам 1-10					
					
25-40	15-19	10-12	4-5	4-5	3-5
<i>Ambrosia</i>	<i>Atriplex</i>	<i>Diplotaxis</i>	<i>Artemisia</i>	<i>Chenopodium</i>	<i>Echium</i>
Обобщенные данные по мониторинговым точкам 11-15 (рекреационные зоны)					
					
25-32	17-30	5-8	5-8	5-6	4-6
<i>Ambrosia</i>	<i>Diplotaxis</i>	<i>Artemisia</i>	<i>Atriplex</i>	<i>Echium</i>	<i>Chenopodium</i>

Выводы

Составленные палинологические спектры отражают видовую специфику местности, сезонно и локально-экотопически стабильны, выгодны для диагностических задач и мониторинга загрязнения воздушных масс в промышленном мегаполисе.

Список литературы

1. Аксорова Р. К. Палинология трибы Cichorieae (Compositae) / Р. К. Аксорова // Морфология пыльцы и спор современных растений. – Ленинград : Наука, 1973. – С. 33-36.
2. Архангельский В. И. Гигиена. Compendium : учебное пособие / В. И. Архангельский, П. И. Мельниченко. – Москва : ГЕОТАР-Медиа, 2012. – 392 с.
3. Глухов А. З. Состояние пыльцы *Tripleurospermum perforatum* (Merat) M. Laipz и *Cichorium intybus* L. при загрязнении почв тяжелыми металлами / А. З. Глухов, И. Н. Остапко, А. И. Сафонов // Промышленная ботаника. – 2001. – Вып. 1. – С. 84-87.
4. Именитова А. С. Анализ таксономического состава и динамики аэропалинологического спектра Северо-Востока Русской равнины / А. С. Именитова, С. А. Пупышева, И. А. Жуйкова // Научно-методический электронный журнал «Концепт». – 2016. – Т. 15. – С. 871-875.
5. Куприянова Л. А. Пыльца двудольных растений флоры европейской части СССР / Л. А. Куприянова, Л. А. Алёшина. – Ленинград : Наука, 1978. – 184 с.
6. Палинография флоры Таджикской ССР / Под ред. Л. С. Рябковой. – Москва : Наука, 1982. – 77 с.
7. Сафонов А. И. Эколого-палинологический анализ некоторых аллергенов городской среды / А. И. Сафонов, П. С. Беломеря // Проблемы экологии. – Донецк : ДонНТУ, 2007. – № 1-2. – С. 79-85.
8. Сафонов А. И. Палинологический мониторинг урбанизированной среды / А. И. Сафонов, А. П. Харьков // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона : межвед. сб. науч. работ. – Донецк : ДонНУ, 2006. – Вып. 6. – С. 74-83.

9. Сафонов А. И. Индикаторная роль растений в системе управления городом в промышленном регионе / А. И. Сафонов // Экологическая ситуация в Донбассе : проблемы безопасности и рекультивации повреждённых территорий для их экономического возрождения. – Москва : Изд-во МНЭПУ, 2016. – С. 288-294.
10. Северова Е. Э. Чем мы дышим? / Е. Э. Северова, О. А. Волкова, В. Э. Пилипенко // Сб. науч.-попул. статей – победителей конкурса РФФИ. – Москва, 2015. – С. 352-365.
11. Эрдтман Г. Мофология пыльцы и систематика растений. Введение в палинологию: Покрытосеменные / Г. Эрдтман. – Москва : Изд-во иностр. лит-ры, 1956. – 486 с.
12. Aponte C. Characteristics of the soil seed bank in Mediterranean temporary ponds and its role in ecosystem dynamics / C. Aponte, G. Kazakis, D. Ghosn, V. Papanastasis // Wetlands Ecol. Manage. – 2010. – Vol. 18. – P. 243-253.
13. Butler C. D. Reference module in earth systems and environmental sciences, from climate vulnerability / C. D. Butler, L. Hanna // Ecosystems, Biodiversity, Climate and Health. – 2013. – Vol. 1. – P. 69-78.
14. Hof L. Biomonitoring of air quality with plants, animals and humans / L. Hof / Belgium Book of abstracts. – Antwerp, 2012. – 97 p.
15. Jafari E. Pollen morphological studies taxa of Asteraceae / E. Jafari, G. Ghanbatian // Journal of Plant Sciences. – 2007, № 2. – P. 195-201.
16. Kiurski J. S. Multivariate statistical interpretation of fountain solutions as indicator of environmental pollution / J. S. Kiurski // Journal of Environmental Indicators. – 2012. – Vol. 7. – P. 11-19.
17. Klimkowska A. Species trait shifts in vegetation and soil seed bank during fen degradation / A. Klimkowska, R. Bekker // Plant Ecology. – 2010. – Vol. 206. – P. 59-82.
18. Krueger T. The role of expert opinion in environmental modeling / T. Krueger // Environmental Modelling & Software. – 2012. – Vol. 36. – P. 4-18.
19. Radomska M. Complex assessment of urban landscapes condition based on bioindication methods / M. Radomska // Science-Based Technologies. – 2013. – Vol. 2, № 18. – P. 236-241.
20. Safonov A. I. New diagnostic criteria of complex phytoindication for approbation in Donbass / A. I. Safonov // Problems of ecology and nature protection of technogenic region. – 2008. – Vol. 8, № 1. – P. 91-96.
21. Safonov A. I. Phyto-qualimetry of toxic pressure and the degree of ecotopes transformation in Donetsk region / A. I. Safonov // Problems of ecology and nature protection of technogenic region. – 2013. – Vol. 13, № 1. – P. 52-59.
22. Safonov A. I. Initial screening of seed bank of phytoindicators of technogenic pressure on edaphotopes in Donbass / A. I. Safonov // Problems of ecology and nature protection of technogenic region. – 2010. – Vol. 10, №1. – P. 92-96.
23. Safonov A. I. Approbation of ecosystem standardization criteria according to phytoindication component / A. I. Safonov // Problems of ecology and nature protection of technogenic region. – 2012. – Vol. 12, № 1. – P. 108-114.
24. Safonov A. I. Phytoindicational monitoring in Donetsk / A. I. Safonov // A science. Thought : Scientific journal. – 2016, № 4. – P. 58-70.
25. Tello-Mijares S. A novel method for the separation of overlapping pollen species for automated detection and classification / S. Tello-Mijares, S. Flores // Computational and mathematical methods in medicine. – 2016, № 2. – P. 50-62.

Safonov A. I., Zakharenkova N. S. Diagnosis of air in Donetsk on the surface of the pollen spectrum sculptures of weed plant species. – An approach of assessing the quality of air dustiness of some streets of Donetsk by analysis of pollen surface sculpture of weed plant species has been realized. Lists of species have been compiled and their contribution to the overall spectrum of the presence of pollen in the air has been determined. Seasonal pollen specificity of air pollution in the city of Donetsk has been installed.

Key words: pollen, Donetsk, air quality, monitoring.