

ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННО-ПОИСКОВОЙ СИСТЕМЫ «ПЫЛЬЦА РАСТЕНИЙ, ПРОИЗРАСТАЮЩИХ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ», В КРИМИНАЛИСТИКЕ И ЭКОЛОГИИ

С. С. ПОЗНЯК¹⁾, А. Н. ХОХ¹⁾, Б. А. ТОНКОНОГОВ²⁾

¹⁾Научно-практический центр Государственного комитета судебных экспертиз Республики Беларусь,
ул. Филимонова, 25, 220114, г. Минск, Беларусь

²⁾Международный государственный экологический институт имени А. Д. Сахарова,
Белорусский государственный университет,
ул. Долгобродская, 23/1, 220070, г. Минск, Беларусь

Исходными данными для создания справочной информационно-поисковой системы «Пыльца древесных, кустарниковых и травянистых растений, произрастающих на территории Республики Беларусь», послужили цифровые изображения основных таксонов растений. С помощью светового бинокулярного биологического микроскопа МИК-МЕД 6 (ЛОМО-Microsystems) при увеличении $\times 40$ исследовано внешнее строение пыльцевых зерен 32 таксонов, представляющих научный и криминалистический интерес, получены их цифровые изображения. Изучено 50 гербарных и 40 нативных образцов древесных, кустарниковых и травянистых растений. Разработана подсистема инструментальных и интерфейсных средств пользователей, база данных и тестирования, представляющая различные программные единицы и объекты (процедуры, функции, модули и формы).

Тестирование разработанной справочно-информационной поисковой системы подтвердило ее прикладное значение при решении отдельных задач в области криминалистики – выделение наиболее вероятных таксономических групп растений, сравнение найденных в исследуемом образце пыльцевых зерен с имеющимися в базе данных изображениями и эталонными препаратами. В области экологии – это выявление тератоморфных пыльцевых зерен, свидетельствующих о состоянии окружающей среды, при сравнении экспериментально полученного морфологического строения пыльцевых зерен с имеющимися нормальными характеристиками из базы данных «Информационная система идентификации растительных объектов на основе карпологических, палинологических и анатомических данных».

Ключевые слова: пыльцевые зерна; таксономический состав; справочная информационно-поисковая система; система управления базами данных; функциональная структура, алгоритмы, интерфейс.

Образец цитирования:

Позняк СС, Хох АН, Тонконогов БА. Практические аспекты использования информационно-поисковой системы «Пыльца растений, произрастающих в Республике Беларусь», в криминалистике и экологии. *Журнал Белорусского государственного университета. Экология*. 2020;1:91–97.

For citation:

Pazniak SS, Khokh AN, Tonkonogov BA. Practical aspects of using the information and search system «Pollen of plants growing in the Republic of Belarus», in forensics and ecology. *Journal of the Belarusian State University. Ecology*. 2020;1:91–97. Russian.

Авторы:

Сергей Степанович Позняк – доктор сельскохозяйственных наук, профессор; главный научный сотрудник лаборатории исследования материалов, веществ и изделий.

Анна Николаевна Хох – магистр биологических наук; заведующий лабораторией исследования материалов, веществ и изделий.

Борис Александрович Тонконогов – кандидат технических наук, доцент; заведующий учебно-методической лабораторией инновационных технологий образования.

Authors:

Sergei S. Pazniak, doctor of science (agriculture), professor; chief research fellow of the laboratory for study of materials, substances and products.

sspazniak@gmail.com

Anna N. Khokh, master of biological sciences, head of the laboratory for study of materials, substances and products.

IannIhoh@gmail.com

Boris A. Tonkonogov, PhD (engineering), docent; head of teaching laboratory of innovative technologies in education.

lito@iseu.by

PRACTICAL ASPECTS OF USING THE INFORMATION AND SEARCH SYSTEM «POLLEN OF PLANTS GROWING IN THE REPUBLIC OF BELARUS», IN FORENSICS AND ECOLOGY

S. S. PAZNIAK^a, A. N. KHOKH^a, B. A. TONKONOGOV^b

^a*Scientific and Practical Centre of the State Forensic Examination Committee of the Republic of Belarus,
25 Philimonava Street, Minsk 220114, Belarus*

^b*International Sakharov Environmental Institute, Belarusian State University,
23/1 Dauhabrodskaja Street, Minsk 220070, Belarus*

Corresponding author: S. S. Pazniak (sspazniak@gmail.com)

The source data for the creation of a reference information-search system «Pollen of woody, shrubby and herbaceous plants growing in the Republic of Belarus» were digital images of the main taxa of plants. Using a MIKMED 6 light binocular biological microscope (LOMO-Microsystems) with magnification of x40, the external structure of pollen grains of 32 taxons of scientific and forensic interest was studied, their digital images were obtained. 50 herbarium and 40 native specimens of woody, shrubby and herbaceous plants were studied. A subsystem of user tools and front-end tools, database generation and testing has been developed, which represents various software units and objects (procedures, functions, modules and forms).

Testing of the developed reference and information retrieval system confirmed its efficiency in solving individual problems in the field of forensic science – the selection of the most likely taxonomic groups of plants and the comparison of pollen grains found in the studied sample with the images and reference drugs available in the database, and also in the field of ecology – the identification of teratomorphic pollen grains, indicating the state of the environment, by comparing the experimentally obtained morphological structure of pollen grains with the existing normal characteristics in the «Information System for the Identification of Plant Objects Based on Carpological, Palynological and Anatomical Data» of Moscow State University.

Key words: pollen grains; taxonomic composition; reference information retrieval system; database management system; functional structure, algorithms, interface.

Введение

Деревья, кустарники и травы продуцируют огромное количество пыльцы и спор (до сотен тысяч экземпляров в одном цветке). Оболочка абсолютного большинства пыльцевых и споровых зерен, обладая исключительной стойкостью к механическому, химическому и биохимическому воздействию, сохраняется длительное время. Микроскопические размеры пыльцы и спор, особенности морфологического строения, способствуют их распространению ветром, водой, насекомыми. При этом они оседают на поверхности суши, водоемов, а также на людях, животных, растениях, машинах и т. д. [1]. Изучение пыльцы и спор растений, собранных с поверхности вышеуказанных объектов, в последние годы является новым направлением экологических и криминалистических исследований. Круг решаемых вопросов с помощью метода спорово-пыльцевого анализа разнообразен [2; 3]. Получаемая информация оказывает неоспоримую помощь при раскрытии многих уголовных преступлений, дает возможность ответить на вопросы в тех случаях, когда использование других методов не приводит к достоверным данным.

Организуя работу, связанную с экспериментальным и исследовательским видом деятельности, необходимо уметь с помощью компьютеров и средств связи получать, накапливать, хранить и обрабатывать материалы, обобщая результаты в виде наглядных документов для дальнейшего анализа.

При проведении палинологических исследований, связанных с необходимостью обработки больших объемов информации, зачастую приходится работать с данными, взятыми из разных источников, каждый из которых связан с определенным направлением. Для координации деятельности по обработке этих данных необходимы специальные знания и организационные навыки, которые формализованы в виде информационно-поисковых систем (СИПС), включающих в себя ключ для определения пыльцевых зерен растений, оптические микрофотографии пыльцы и другую техническую информацию [4].

Материалы и методы исследования

В мире существует множество систем управления базами данных (СУБД). Несмотря на то что они могут по-разному работать с объектами и предоставляют пользователю различные функции и средства, большинство из них опирается на единый устоявшийся комплекс основных понятий. Для создания базы данных при проведении палинологических экспертиз была выбрана СУБД Microsoft Access, входящая в пакет Microsoft Office.

Одно из явных преимуществ продукта корпорации Microsoft Access – это возможность объединения сведений из разных источников в одной базе данных. Создаваемые в нем формы, запросы и отчеты позволяют быстро и эффективно обновлять, получать ответы на вопросы, осуществлять поиск нужных данных, анализировать их, печатать отчеты, диаграммы.

В созданной базе данных можно хранить все необходимые сведения. Доступ к ней могут иметь все сотрудники, проводящие исследования в рамках заявленного проекта, но для внесения изменений и новой информации она не будет доступна. Кроме данных, база может содержать методы и средства, позволяющие каждому из сотрудников оперировать только с теми из них, которые входят в его компетенцию. В результате взаимодействия данных, содержащихся в базе, с методами, доступными конкретным сотрудникам, образуется информация, которую они потребляют и на основании которой в пределах собственной компетенции производят их ввод и редактирование.

Понятия «база данных» и «системы управления базой данных» тесно связаны между собой. Это комплекс программных средств, предназначенных для создания структуры новой базы, наполнения ее содержимым, редактирования содержимого и визуализации информации. Под визуализацией информации базы понимается отбор отображаемых данных в соответствии с заданным критерием, их упорядочение, оформление и последующая выдача на устройства вывода или передачи по каналам связи.

Исходными данными для создания СИПС служили цифровые изображения основных таксонов древесных, кустарниковых и травянистых растений, произрастающих на территории Республики Беларусь. Всего было отобрано 50 гербарных и 40 нативных образцов растений. С помощью светового бинокулярного биологического микроскопа МИКМЕД 6 (ЛОМО-Microsystems) при увеличении x40 изучено внешнее строение пыльцевых зерен 32 таксонов, представляющих экологический и криминалистический интерес, получены их цифровые изображения [5].

Результаты исследования и их обсуждение

Для работы с атласами и эталонными коллекциями необходима качественная базовая подготовка исследователя, знание морфологии пыльцы основных таксономических групп растений, встречающихся в изучаемых образцах. Алгоритм работы сводится к выделению наиболее вероятных таксонов по морфологическим признакам на основе соответствующих знаний и сравнению найденных в образце пыльцевых зерен и спор с имеющимися изображениями и эталонными препаратами (рис. 1).

Рис. 1. Главная форма вкладки «Определитель»

Fig. 1. The main form of the «Qualifier» tab

Существует методика определения пыльцевых зерен по дихотомическим ключам, но возможности ее применения довольно ограничены [6]. Как правило, ключи составляются для какой-либо определенной

таксономической группы, региона или геологического слоя, и если исследователю попадается вид, не описанный в ключе, определить его технически невозможно. Нами предложена расширенная версия ключа, позволяющая с высокой степенью вероятности идентифицировать исследуемый вид растения (рис. 2).

Master key						
Ключ (расширенная версия)						
Table A		A2	Зерна с воздушными мешками		Table A	
Table B		A1	Зерна без воздушных мешков			
Table C		B2	Сложные (комбинированные) зерна		Table B	
Table D		B1	Одиночные зерна			
Table E		C3	Полнозрелые зерна		Table C	
Table F		C2	Билатеральные зерна		Table D	
Table F1		C1	Изодиаметричные зерна или зерна, где одна ось длиннее/короче, редко гетерополярная			
Table F2		D2	Четырехгранные зерна		Table E	
Table F3		D1	Ротационные зерна		Table F	
Table F4						
Table F5						
Table F6						
Table F7						
Table F7 1						
Table F7 2						
Table F7 3						

Рис. 2. Главная форма вкладки «Ключ»

Fig. 2. The main form of the «Key» tab

Работать с базами данных удобнее, если их поиск осуществляется не только по таксономическим, но и морфологическим критериям. Составив краткое описание пыльцевого зерна, основные выявленные морфологические критерии и включив их в поля поиска базы данных, получаем относительно ограниченный набор таксонов, среди которого достаточно легко ориентироваться (рис. 3).

Существует ряд семейств растений, для которых характерна морфологически однообразная пыльца. Например, обнаружив пыльцевые зерна сосны, мы не сможем с уверенностью утверждать, относятся ли они к нашей обычной *Pinus sylvestris*, или к *Pinus brutia*, произрастающей в Средиземноморье [7], а у пыльцевых зерен представителей семейства Маревых (*Chenopodiaceae*) чрезвычайно сложно определить даже родовую принадлежность. Таким образом, при использовании палинологических данных для определения региона необходимо уделять особое внимание пыльцевым зернам с «яркой» морфологией, надежно определяемым таксонам и таксонам с узким ареалом.

a/a

Размер: средний.
Агрегатное состояние: монады.
Форма: изополярные: радиально-симметричные.
Очертание с экватора: эллиптические.
Очертание с полюса: треугольные или округло-треугольные.
Количество апертур: 3–4-поровые.
Характер эктоапертур: –
Характер эндоапертур: поры.
Характер поверхности: гладкая.

б/б

Агрегатное состояние: монады.
Полярность: изополярные.
Размер: средний.
Апертурный тип: 3–4-поровые.
Форма: радиально-симметричные.
Очертание с экватора: эллиптические.
Очертание с полюса: треугольные или округло-треугольные.
Эктоапертуры:
Тип: –
Длина: –
Ширина: –
Концы: –
Края: –

Рис. 3. Типы описаний пыльцевых зерен: *a* – краткое, *б* – расширенное

Fig. 3. Types of pollen grain descriptions: *a* – short description, *b* – extended

Подсистема инструментальных и интерфейсных средств пользователей СИПС. Система «Пыльца древесных, кустарниковых и травянистых растений, произрастающих на территории Республики Беларусь» разработана с учетом требований, предъявляемых к ее функциональным программным модулям и графическому пользовательскому интерфейсу, а также их особенностям.

Графический пользовательский интерфейс системы состоит из 2 форм – главной (FormJrm Treeview) и подчиненной (Form frm Reqs). При этом подчиненных форм может быть большое количество. Для каждой

из форм и ее компонентов реализован определенный программный функционал в виде процедур, функций и модулей, обуславливающий поведение при загрузке и реакцию на различные события указанных форм и их компонентов.

Для главной формы основным результатом работы вышеприведенных программных единиц является реализация и функционирование информационного многоуровневого древовидного списка, а для подчиненной – вспомогательные операции по представлению информации, визуализации растровых изображений образцов и поиску данных (рис. 4).

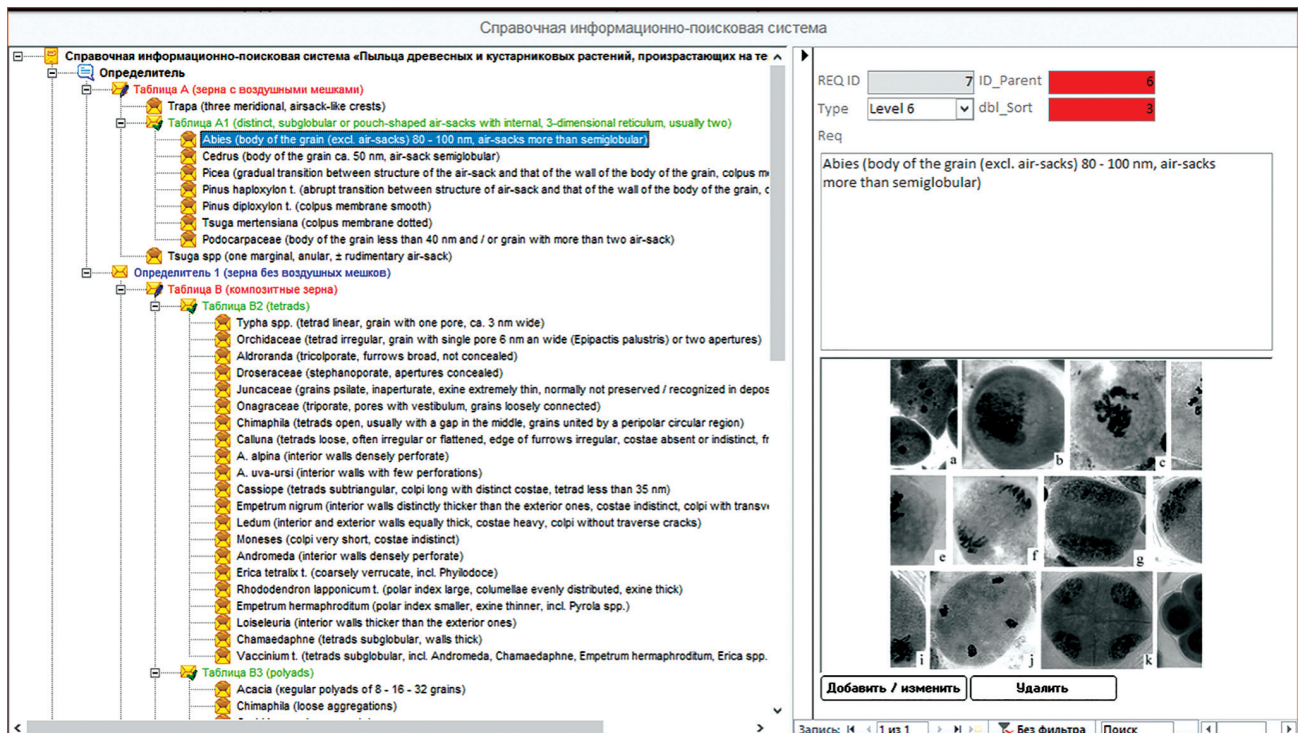


Рис. 4. Общий вид графического пользовательского интерфейса СИПС

Fig. 4. General view of the graphical user interface SIPS

Для программной реализации процедур и функций по формированию и работе с многоуровневым древовидным списком и манипуляции растровыми изображениями были созданы соответствующие алгоритмы и синтаксические конструкции на языке программирования Microsoft Visual Basic for Applications. Например, для подчиненной формы, позволяющей получать дополнительную информацию и манипулировать растровыми изображениями, реализован ряд программных процедур и функций.

Синтаксический вид и содержимое указанных алгоритмов для процедур и функций:

- проверка на наличие и размещение растрового изображения во фрейме;
- добавление ссылки на файл с растровым изображением;
- удаление ссылки на файл с растровым изображением;
- обновление фрейма с растровым изображением;
- переход к другой записи;
- вывод сообщения об ошибке;
- показ фрейма с растровым изображением;
- скрывание фрейма с растровым изображением;
- проверка наличия корректной записи расположения файла.

Формирование базы данных справочной информационно-поисковой системы происходило как путем непосредственного ввода информации в контейнерные объекты многоуровневого древовидного списка, так и с помощью заполнения соответствующих таблиц. В них хранятся следующие данные:

- пыльца древесных и кустарниковых растений с полями:
- ключевое поле контейнерного объекта;
- идентификатор типа;
- описание образца;
- идентификатор родительского объекта;
- принцип сортировки;

- название каталога (локального или сетевого) и файла с растровым изображением;
- уровни древовидного списка с полями:
- ключевое поле уровня;
- название уровня (рис. 5).

tbl_Reqs	ID_Type	mem_Reqs	ID_Parent	dbl_Sort	Photo
1	1	1	1	1	
2	2	2	1	1	
3	4	4	2	1	
4	6	6	3	1	
5	6	6	3	2	
6	5	5	3	1	
7	6	6	6	3	Photo(Meiosis-in-Abies-sibirica-a-primitive-archespo
8	6	6	6	4	
9	6	6	6	5	
10	6	6	6	6	
11	6	6	6	7	
12	6	6	6	8	
13	6	6	6	9	
14	3	3	2	1	
15	4	4	14	2	
16	6	6	15	10	
17	5	5	15	2	
18	6	6	17	11	
19	6	6	17	12	
20	6	6	17	13	
21	6	6	17	14	
22	6	6	17	15	
23	6	6	17	16	
24	6	6	17	17	
25	6	6	17	18	
26	6	6	17	19	
27	6	6	17	20	
28	6	6	17	21	
29	6	6	17	22	
30	6	6	17	23	
31	6	6	17	24	
32	6	6	17	25	
33	6	6	17	26	
34	6	6	17	27	
35	6	6	17	28	
36	6	6	17	29	
37	6	6	17	30	
38	6	6	17	31	
39	5	5	15	3	
40	6	6	39	32	

Рис. 5. Таблицы, хранящие фрагментарные данные о пыльце древесных и кустарниковых растений

Fig. 5. Tables storing fragmentary data on pollen from woody and shrub plants

Выполнение процедур тестирования и апробации справочной информационно-поисковой системы сопровождалось оценкой общей производительности базы данных и всех входящих в нее объектов, а также удобства использования графического пользовательского интерфейса. Система была установлена на нескольких персональных компьютерах различной производительности с разными достаточно современными версиями системы управления базами данных Microsoft Office Access и основными элементами управления графической формы Microsoft TreeView Control типа ActiveX.

Процессу функционального тестирования на предмет корректной работы с информацией, хранящейся в базе данных, и соответствующей программной отладки, подвергались различные объекты базы данных, а также программный функционал, реализованный в процедурах, функциях и модулях базы данных опосредованно через графический пользовательский интерфейс информационной системы.

По многоуровневому древовидному списку тестировались возможности быстрого отклика при работе и визуализации вложенности различных уровней и отношений «родитель – потомок», а также навигации по его элементам с одновременным вводом различных текстовых и числовых данных.

Производительность базы данных оценивалась исходя из различных объемов информационных выборок и количества пользователей, обеспечивающих удаленный множественный одновременный к ней доступ. При этом быстродействие может понизиться за счет использования недостаточно мощной и хорошо оптимизированной для эффективной многопользовательской одновременной обработки различных запросов системы управления базами данных Microsoft Office Access. Однако эта проблема не была достаточно актуальной, поскольку с информационной системой планировалась работа небольшого количества пользователей.

Тестирование подчиненной формы производилось на предмет корректной связи с местоположением файлов с растровыми изображениями образцов и их визуализации по указанной форме.

В результате функционального тестирования на предмет корректной работы с информацией, хранящейся в базе данных, и соответствующей программной отладки были выявлены и исправлены некоторые несоответствия и программные синтаксические ошибки, допущенные на стадии разработки исходного программного кода, которые приводили к некорректной и нестабильной работе различных объектов и снижению производительности базы данных.

Заключение

Разработанная подсистема инструментальных и интерфейсных средств пользователей, формирующая базы данных и тестирования, представляет различные программные единицы и объекты (процедуры, функции, модули и формы) и может быть рекомендована для специалистов природоохранного комплекса, учреждений различных отраслей промышленности, занимающихся проблемами криминалистики и охраны окружающей среды, а также студентов, магистрантов и аспирантов учреждений высшего образования биологического и юридического профилей.

Тестирование справочно-информационной поисковой системы подтвердило ее работоспособность при решении отдельных задач в области криминалистики – выделение наиболее вероятных таксономических групп растений и сравнение найденных в исследуемом образце пыльцевых зерен с имеющимися в базе данных изображениями и эталонными препаратами, а также в области экологии – выявление тератоморфных пыльцевых зерен, свидетельствующих о состоянии окружающей среды, при сравнении экспериментально полученного морфологического строения пыльцевых зерен с имеющимися нормальными характеристиками из базы данных «Информационная система идентификации растительных объектов на основе карпологических, палинологических и анатомических данных».

Библиографические ссылки

1. Дзюба ОФ. Изучение пыльцы из поверхностных проб для оценки качества окружающей среды. *Нефтегазовая геология. Теория и практика*. 2006;1:42–56.
2. Ибрагимова ЭЭ. Палиноморфологическая и палинотоксикологическая оценка аэротехногенного загрязнения в урбоэкосистемах. *Самарский научный вестник*. 2015;2(11):83–86.
3. Рылова ТБ. О возможности использования спорово-пыльцевого анализа в экспертных исследованиях объектов растительного происхождения. В: Дулов АВ, главный редактор. *Вопросы криминологии, криминалистики и судебной экспертизы. Сборник научных трудов*. Минск: Право и экономика; 2016. Выпуск 2(40). с. 121–126.
4. Хох АН, Позняк СС, Боброва НЛ. К вопросу автоматизации палинологических экспертных исследований. В: Рубис АС, главный редактор. *Вопросы криминологии, криминалистики и судебной экспертизы. Сборник научных трудов*. Минск: Право и экономика; 2018. Выпуск 2(44). с. 289–295.
5. Позняк СС, Прудникова КА, Конопелько ОМ, Хох АН. Перспективы мониторинга состояния природной среды с использованием спорово-пыльцевых зерен растений Республики Беларусь. *Журнал Белорусского государственного университета. Экология*. 2019;3:9–17.
6. Лобанов АЛ, Кирейчук АГ, Степанынц СД, Смирнов ИС. Диагностические ключи: от текстовых дихотомических до компьютерных. *Труды зоологического института Российской академии наук*. 2013;317:249–268.
7. Мейер-Меликян НР, Токарев ПИ. Особенности строения пыльцевых зерен некоторых представителей Pinaceae по данным электронной микроскопии. *Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел биологический*. 2004;109(1):19–21.

References

1. Dziuba OF. *Izuchenie pyltsy iz poverkhnostnykh prob dla otsenki kachestva okruzhayushchey sredy* [Examination of pollen from surface samples to assess environmental quality]. *Neftegazovay geologiy. Teoriy i praktika* [Oil and gas geology. Theory and practice]. 2006;1:42–56. Russian.
2. Ibragimova EE. *Palinomorfologicheskaya i palinotoksikologicheskaya otsenka aerotekhnogennoy zagryazneniya v urboekosistemah* [Palinomorphological and palinotoxicological assessment of aerotechnogenic pollution in urban ecosystems]. *Samarskiy nauchnyy vestnik* [Samara Scientific Herald]. 2015;2(11):83–86. Russian.
3. Rylova TB. *O vmozhnosti ispolsovaniy sporovo-pyltsevoogo analiza v ekspertnykh issledovaniakhobiektov rastitelnogo proiskhozhdeniy* [On the possibility of using spore-pollen analysis in expert studies of plant objects]. In: Dulov AV, general editor. *Voprosy kriminologii, krivinalistiki i sydebnoy ekspertizy. Sbornik nauchnykh trudov* [Issues of criminology, forensics and forensics]. Minsk: Pravo i ekonomika; 2016. Issue 2(40). p.121–126. Russian.
4. Khokh AN, Pazniak SS, Bobrova NL. *K voprosy avtomatizatsii palinologicheskikh hekspertnykh issledovaniy* [On the issue of automation of palynological expert studies]. In: Rubis AS, general editor. *Voprosy kriminologii, krivinalistiki i sydebnoy ekspertizy. Sbornik nauchnykh trudov* [Issues of criminology, forensics and forensics]. Minsk: Pravo i ekonomika; 2018. Issue 2(44). p. 289–295. Russian.
5. Pazniak SS, Prudnikova KA, Konopelko OM, Khokh AN. *Perspektivy monitoring sostojania prirodnoysredy s ispolsovaniem sporovo-pyltsevykhzeren rasteniy Respubliki Belarus* [Prospects for monitoring the state of the environment using spore-pollen grains of plants of the Republic of Belarus]. *Zhurnal Belorusskogo gosudarstvennogo universiteta. Ekologia* [Journal of Belarusian State University. Ecology]. 2019;3:9–17. Russian.
6. Lobanov AL, Kireychuk AG, Stepanyants SD, Smirnov IS. *Diagnosticheskie klyuchi: ot tekstovyykh dikhotomicheskikh do komputernyykh* [Diagnostic keys: from text dichotomous to computer]. *Trudyi zoologicheskogo instituta Rassijskoj akademii nayk* [Proceedings of the Zoological Institute of the Russian Academy of Sciences]. 2013;317:249–268. Russian.
7. Meyer-Melikyan NP, Tokarev PI. *Osobennosti stroeniya pyiltsevyih zeren nekotoryih predstaviteley Pinaceae po dannym elektronnoy mikroskopii* [The structural features of pollen grains of some representatives of Pinaceae according to electron microscopy]. *Byulleten' Moskovskogo Obshchestva Ispytatelei Prirody. Otdel Biologicheskii*. 2004;109(1):19–21. Russian.

Статья поступила в редакцию 21.02.2020.
Received by editorial board 21.02.2020.