

УДК: 57(075.8)+502.05+582.594.2:581.162.3

## **ЭЛЕКТРОННАЯ СИСТЕМА УЧЁТА ДИНАМИКИ ОПЫЛЕНИЯ У ОРХИДНЫХ**

**В. В. Назаров**

Интернет Сервис ВН (ИСВН), Германия

*Электронная система учёта данных по динамике опыления у орхидных (ЭСУДО) разработана с целью автоматизации обработки информации и повышения контроля за её качеством. В основу методики учёта данных был положен принцип отдельной регистрации изменений, которые производили насекомые в двух половинках пыльника и рыльца. В ЭСУДО реализована тотальная проверка данных на всех стадиях исследования. Система способна обнаруживать даже логические ошибки. Анализ процента распустившихся, посеянных, опылённых и завязавшихся цветков производится автоматически как по каждому отдельному растению, так и в целом по популяции. ЭСУДО разработана на основе современных компьютерных и интернет технологий. Это обеспечивает ей высокую сте-*

пень платформенной независимости и доступности. Она была успешно апробирована сотрудниками и студентами ТвГУ при изучении орхидных на территории Тверской области (Россия).

*Ключевые слова:* орхидные, опыление орхидных, динамика опыления, электронная система, веб-приложение.

Опыление у орхидных является самым критическим процессом в репродуктивном цикле этих крайне удивительных, но часто очень редких растений. Процесс опыления у орхидных издавна привлекал к себе пристальное внимание многих учёных-биологов. Фундаментальная основа наших знаний об этом была заложена ещё Ч. Дарвином в его знаменитой книге „Приспособления орхидных к оплодотворению насекомыми“ [6]. С тех пор опубликовано уже около 700 оригинальных работ и монографий, посвящённых различным аспектам системы опыления данных растений [14].

В настоящее время у орхидных открыто несколько десятков способов обманной аттракции насекомых, принадлежащих к различным систематическим группам. Детально изучен химический состав запаха и его роль в привлечении опылителей на цветки [4, 5, 15]. У многих европейских видов орхидных статистически исследовано морфологическое соответствие между цветками и насекомыми [2; 8 – 12]. Однако, к сожалению, мы до сих пор удивительно мало знаем о динамике опыления европейских орхидных в природных популяциях. Немногочисленные работы в данном направлении все же однозначно указывают на то, что именно в динамике опыления орхидных часто скрыт ключ к пониманию всей системы их опыления [1; 8 – 10].

Слабая изученность указанного аспекта репродуктивной биологии у орхидных отчасти объясняется крайней редкостью посещения цветков насекомыми. Это связано с тем, что пыльца у всех видов орхидных представляет собой довольно крупные агрегаты — поллинии или поллинии, что полностью исключает возможность её использования насекомыми для выкармливания своего потомства. Также, цветки у подавляющего большинства видов орхидных не продуцируют нектар и привлекают опылителей исключительно при помощи обмана [8]. Увидеть опылителей на цветках у таких орхидей является большой удачей для любого исследователя. Поэтому в большинстве случаев исследования ограничиваются лишь изучением видового состава опылителей.

Удивителен тот факт, что агрегация пыльцы в поллинии у орхидных открывает перед исследователями совершенно уникальную возможность в изучении динамики опыления этих растений. Поллинии и поллинии, а также их отдельные агрегаты из пыльцевых тетраид или массул, хорошо заметны даже невооружённым глазом не только в гнездах пыльника, но и на рыльце, где они остаются хорошо различимы в течение нескольких дней или недель. Эта особенность была подмечена ещё Ч. Дарвином [5]. Он использовал её при определении посещённых цветков у некоторых британских видов орхидных. Позднее указанная особенность была положена в основу специальной методики учёта посещённых/опыленных цветков орхидных, которая основана на использовании девяти различных состояний репродуктивных органов цветка. Данная методика позволяет очень точно отследить динамику цветения, посещения и опыления у орхидных без непосредственных наблюдений за насекомыми [1]. Единственный недостаток методики — большая трудоёмкость ручной обработки полученных данных. Поэтому нами была предпринята успешная попытка разработки электронной системы учёта данных для этой методики с целью автоматизации обработки и повышения контроля за качеством информации о динамике опыления.

**Материалы и методы.** Электронная система учёта динамики опыления у орхидных (ЭСУДО) программировалась в соответствии с методами и возможностями скриптового языка программирования третьего поколения Perl. При реализации

ЭСУДО также использовались такие стандартные интернет-технологии, как веб-сервер Apache [15], CGI/Perl [16], JavaScript и XML [6].

Для иллюстрации системы используются реальные данные по динамике посещения и опыления у клубне-корневищной орхидеи *Dactylorhiza romana* Seb. et Mauri. Данные собирались автором в Крыму на территории бывшего СССР в 1989 году в районе села Краснолесья. Апробация готовой системы проводилась студентами ТвГУ под руководством доцента кафедры экологии ТвГУ Е.С. Пушай при изучении динамики посещения и опыления у корневищной орхидеи *Epipactis palustris* (L.) Crantz. на территории Тверской обл. (Россия) в июне-июле 2007 г.

Для обозначения состояния полностью распутившихся и не повреждённых цветков применялась цифровая система учёта изменений в репродуктивном состоянии гнёзд пыльников и рылец у орхидных. Поллинии у подавляющего большинства европейских орхидных разделены на 2 гемиполлинария, каждый из которых имеет собственное прилипальце и может извлекаться опылителями по отдельности в ходе двух посещений цветка. Поэтому для гнёзд пыльника выделяется 3 возможных состояния. Исходное состояние пыльника, когда оба гемиполлинария находятся в гнёздах, предложено обозначать цифрой «2». После извлечения опылителем одного или обоих гемиполлинариев, пыльникам присваивается соответственно цифра «1» или «0» (рис. 1).

Средняя доля рыльца у орхидных, как правило, сильно редуцирована, так как она играет значительно меньшую роль в восприятии поллинариев. Поэтому при учёте состояния рылец указанная доля условно разделялась на 2 части по линии, проходящей через бурсикулу, а её половинки соотносились к левой и правой долям рыльца (рис. 1). В соответствии с этим для рыльца выделяли так же 3 состояния. Если обе половинки рыльца были полностью свободны от пыльцевых агрегатов, то таким цветкам присваивалась цифра «0». При наличии пыльцевых тетрад или массул на одной или обеих половинках, им присваивался соответственно статус «1» или «2». Нетрудно подсчитать, что сочетание состояний гнёзд пыльников и рыльца дают в совокупности 9 возможных комбинаций. Все они представлены графически с указанием цифрового кода внизу на правой половине пользовательского интерфейса. Такая наглядность позволяет минимизировать возможные логические ошибки со стороны пользователей.

Для обозначения других репродуктивных состояний цветка использовались буквы латинского алфавита, чтобы облегчить использование ЭСУДО тем, кто не имеет на компьютере поддержки кириллицы. При этом, бутоны обозначались символом «b», плоды – «f», завядшие цветки – «z», уничтоженные или разрушенные цветки – «d».

Данные о репродуктивном состоянии цветков вводились в систему ЭСУДО в строго определённом формате. Вся информация об отдельном соцветии записывалась в одну строку. В начале каждой строке стоял порядковый номер изучаемого растения, который является уникальным идентификатором в пределах отдельно взятого файла. В квадратных скобках за порядковым номером указывалось общее число цветков на соцветии. Далее через тире шла запись одного из возможных репродуктивных состояний цветка в буквенно-цифровом выражении.

В ЭСУДО предусмотрена встроенная функция, которая позволяет оптимизировать процесс ввода данных. Если в учётной записи репродуктивное состояние всех цветков одинаково, то пользователь может применить укороченную форму записи. От обычной она отличается лишь тем, что вместо знака «-» между номером цветка и его репродуктивным символом ставится стрелка «->». После нажатия кнопки «запомнить» программа автоматически достраивает записи для недостающих цветков. Автоматическое достраивание происходит до того номера цветка, который следует за знаком стрелки. Если после знака стрелки нет порядкового номера цветка, то достраивание ограничено числом цветков на соцветии, которое указано в квадратных скобках. Ниже приведены несколько пар примеров укороченной и развёрнутой формы записи:

N1[12];1->b;  
 N1[12];1-b;2-b;3-b;4-b;5-b;6-b;7-b;8-b;9-b;10-b;11-b;12-b;  
 N2[14];1->2/1;4->2/0;9->b;  
 N2[14];1-2/1;2-2/1;3-2/1;4-2/0;5-2/0;6-2/0;7-2/0;8-2/0;9-b;10-b;11-b;12-b;13-b;14-b;  
 N3[11];1->f;7->2/0;11-b;  
 N13[11];1-f;2-f;3-f;4-f;5-f;6-f;7-2/0;8-2/0;9-2/0;10-2/0;11-b;

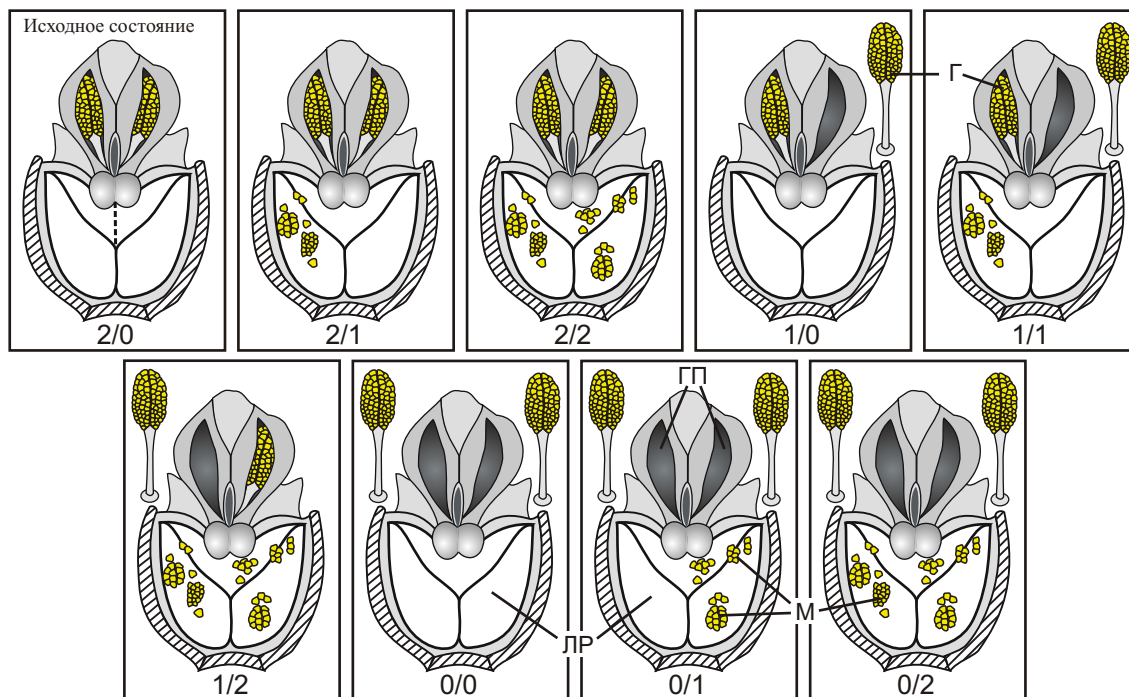


Рис. 1. Цифровая система учёта изменений в репродуктивном состоянии гнёзд пыльников и рылец у орхидных. 2/0 - оба гемиполлинаруия в гнёздах, пыльца на рыльце отсутствует (исходное состояние, пунктирная линия показывает место условного разделения средней доли рыльца на 2 половинки); 2/1 - оба гемиполлинаруия в гнёздах, пыльца на одной половинке рыльца; 2/2 - оба гемиполлинаруия в гнёздах, пыльца на обеих половинках рыльца; 1/0 - один гемиполлинаруий извлечён из гнезда, пыльца на рыльце отсутствует; 1/1 - один гемиполлинаруий извлечён из гнезда, пыльца на одной половинке рыльца; 1/2 - один гемиполлинаруий извлечён из гнезда, пыльца на обеих половинках рыльца; 0/0 - оба гемиполлинаруия извлечены из гнёзд, пыльца на рыльце отсутствует; 0/1 - оба гемиполлинаруия извлечены из гнёзд, пыльца на одной половинке рыльца; 0/2 - оба гемиполлинаруия извлечены из гнёзд, пыльца на обеих половинках рыльца. Г - гемиполлинаруии, ГП - гнёзда пыльника, ЛР - лопасти рыльца, М - массылы.

Использование укороченной формы записи ускоряет работу как в популяции, так при введении данных в систему, а также способствует снижению уровня синтаксических ошибок в записях.

**Результаты и их обсуждение.** Архитектура „ЭСУДО“. Система учёта динамики опыления у орхидных (ЭСУДО) выполнена в виде веб-приложения на основе двухзвенной модели взаимодействия «клиент-сервер». В первой версии ЭСУДО реализована смешанная модель доступа к данным.

На стороне пользователя (клиента) осуществляется ввод и отображение данных посредством одного из стандартных веб-браузеров (рис. 2), что позволяет унифицировать интерфейс «клиент-сервер» и открывает доступ к ЭСУДО пользователям из самых удалённых уголков Земли. Пользователи могут работать на самых разнообразных компьютерных платформах. В настоящее время ЭСУДО настроена на Mozilla Firefox

2.0, Opera и Internet Explorer 6.0 при операционных системах Windows, Linux и Mac/OS 9.

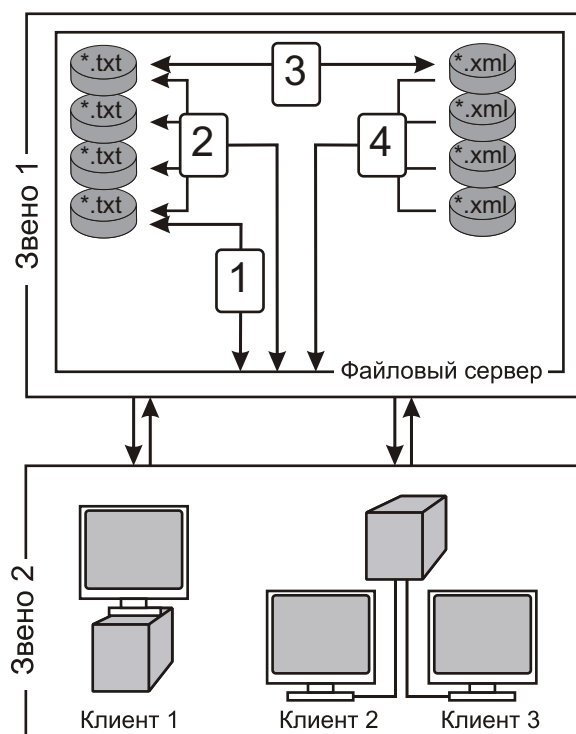


Рис. 2. Архитектура ЭСУДО с двухзвенной моделью взаимодействия «клиент-сервер»:

CGI/Perl сценарии обозначены прямоугольниками с цифрами: 1 – осуществляет ввод и проверку данных; 2 – осуществляет анализ динамики цветения, посещения и опыления в популяции; 3 – осуществляет архивацию текстовых файлов, а также их перевод в XML документы; 4 – производит архивацию и пересылку всех XML документов по требованию пользователя на его электронный адрес. \*.txt – оригинальные данные, которые хранятся на файловом сервере в специальном текстовом формате. \*.xml – XML документы, которые используются для архивации и обмена данными с другими пользовательскими системами.

Помимо веб-браузера на стороне клиента расположен ряд не больших программ, выполненных на JavaScript. Они служат для проверки правильности вводимых данных на стороне пользователя. Это позволяет уменьшить трафик между клиентом и сервером. При введении нестандартных данных система выдаёт точное сообщение об ошибках.

На стороне сервера реализована модель удалённого представления данных, где роль файлового сервера играет компьютер на котором установлен веб-сервер Apache. Вся информация о репродуктивном состоянии цветков орхидных, полученная в популяциях, сохраняется на сервере в виде отдельных текстовых файлов. Таксономическое имя растения, географическое положение и название популяции, а так же дата учёта данных интегрированы в названии файла с целью ускорения доступа пользователей к данным. Такая модель взаимодействия «клиент-сервер» является низкоуровневой. Сервер в этом случае нерационально перегружается длинными запросами. Однако актуальный объём обрабатываемых данных пока настолько низок, что данная перегрузка не чувствительна для технического уровня современных серверов. При увеличении потоков информации запланирован переход ЭСУДО на распределённую модель, где управление данными будет осуществляться одним из специализированных серверов баз данных (таких как MySQL или Oracle). Для этой цели на ЭСУДО встроена функция, переводящая данные текстовых файлов в формат XML, который признан как универсальное средство обмена данных между различными электронными системами (рис. 2).

Ядром веб-приложения ЭСУДО является программное обеспечение, написанное на скриптовом языке 3-го поколения Perl. Скриптовые сценарии расположены на стороне сервера и защищены от несанкционированного доступа посредством стандартной технологии общего шлюзового интерфейса CGI (рис. 2).

Доступ и авторизация. Приложение ЭСУДО доступно в любое время в интернете по адресу: <http://www.r-b-o.eu/ESUDO>. Доступ к системе ЭСУДО осуществляется посредством введения имени пользователя и пароля на указанной выше странице, которые предварительно запрашиваются у системного администратора по адресу: [nazarov@gmx.net](mailto:nazarov@gmx.net).

Пользовательский интерфейс. В качестве пользовательского интерфейса в ЭСУДО используется окно стандартного веб-браузера. Авторизованный пользователь получает доступ к электронному формуляру учёта репродуктивных состояний цветка.

В левой части веб-страницы размещено окно для ввода и исправления данных. Для получения доступа к пользовательской информации необходимо вначале нажать кнопку «Старт». После этого в системе определяется наличие данных пользователя. При отсутствии таковых пользователю предоставляется диалоговое окно для введения информации о видовой принадлежности изучаемого орхидного, географическом положении, названии изучаемой популяции и даты наблюдения. После введения вышеперечисленных параметров через знак «\_» создаётся отдельный файл для введения данных о репродуктивном состоянии цветков в популяции. Формат ввода данных в систему ЭСУДО описан выше в разделе методика. Пользователь может так же воспользоваться подробными объяснениями в разделе «Помощь», ссылка на который выведена непосредственно на пользовательский интерфейс.

В случае наличия в системе пользовательских данных на месте кнопки «Старт» открывается вначале диалоговое меню для найденных таксонов. При выборе определённого таксона начинают последовательно открываться меню для места расположения и имени популяции. После выбора определённого дня наблюдения в окне для ввода данных появляются исходные учётные записи репродуктивных состояний цветков. Иерархический доступ к данным через систему соподчинённых критериев (таксон, место, название популяции и дата учёта) позволяют пользователю быстро ориентироваться в данных из разных мест обитания и по разным таксонам, так как переключение может осуществляться на любом уровне.

Основные функции ЭСУДО. В ЭСУДО встроен целый ряд функций. Все функции в ЭСУДО можно условно разделить на две категории – основные и вспомогательные. Основные функции в ЭСУДО осуществляют ввод, проверку и анализ исходных данных в системе. Их активация достигается нажатием соответствующих кнопок, расположенных под окном для ввода данных. Создание новой однодневной записи происходит при нажатии кнопки «Добавить новый день». В результате появляется диалоговое поле для ввода имени файла будущей учётной записи. Поле открывается пустым, если пользователь делает это сразу после авторизации. Если же функция вызывается после открытия учётной записи определённого дня, то в диалоговом поле появляется имя открытого файла. Это оказывается особенно удобным при введении в систему серии наблюдений из одной и той же популяции. Пользователю остаётся лишь изменить дату в названии файла. Более того в окно ввода данных автоматически переносятся все записи о соцветиях из старого файла. После необходимых исправлений, которые часто бывают минимальны, данные сразу записываются в новый файл нажатием кнопки «Запомнить». Такой порядок ввода данных даёт пользователю значительную экономию времени.

При нажатии кнопки «Запомнить» происходит автоматический анализ формата вводимых данных. Запись проверяется на правильность для каждого отдельного соцветия. При обнаружении неточностей пользователю выдаётся стандартная ошибка с порядковым номером соцветия, порядковым номером ошибки и пояснениями о характере ошибки. В настоящее время в системе предусмотрено 8 стандартных сообщений:

- 01 – «Ошибка в имени файла. Данные не могут быть запомнены под этим именем»;
- 02 – «Файл с этим именем уже существует»;
- 03 – «В имени файла разрешено использование только буквенных символов латинского алфавита»;
- 04 – «Нарушена уникальность идентификационного номера растения в популяции»;
- 05 – «Плохой формат учётной записи»;
- 06 – «Данные о состоянии цветков неполные или отсутствуют»;
- 07 – «Использованы неразрешённые символы. Смотрите список разрешённых символов: N, —>, f, b, s, d, z, 0, 1, 2, /»;
- 08 – «Число задекларированных цветков в квадратных скобках меньше числа цветков в учётной записи».

Функция анализа данных популяции является наиболее значимой в ЭСУДО. Она консолидирует все наблюдения, сделанные в популяции в течении одного сезона цветения изучаемого орхидного. В ходе анализа происходит сравнение всех учётных записей по каждому растению в отдельности. Результаты анализа размещаются в табличной форме. При этом однодневные учётные записи располагаются в таблице хронологически. Такая форма организации информации значительно облегчает прочтение полученных данных по отдельно взятому цветку и позволяет исследователю легко проследить за историей изменений в репродуктивном состоянии гнёзд пыльников и рыльца. В дополнение к этому функция автоматически распознает эти изменения и подкрашивает их определённым цветом. Синим цветом окрашиваются изменения в динамике цветения (распускание, отцветание, завязывание плодов), жёлтым изменения в динамике репродуктивного усилия (вынос поллинириев, нанесение пыльцы на рыльце). Ошибочные состояния гнёзд пыльников или рылец, которые не соответствуют логически репродуктивным состояниям цветка из предшествующих дней наблюдения, окрашиваются в красный цвет и помещаются в маленькое поле ввода данных. Пользователь обязан устранить логическую ошибку в данных, введя в каждое поле верное число. После исправления всех ошибок на одном растении изменения запоминаются нажатием кнопки «Исправить логические ошибки для растения». Альтернативно пользователь может производить исправления в электронном формуляре для ввода данных соответствующего дня наблюдений. Однако этот путь является более трудоёмким.

Функция анализа данных так же рассчитывает подневно процент распустившихся цветков, процент цветков с извлечёнными поллиниями (мужское репродуктивное усилие) и процент опылённых цветков (женское репродуктивное усилие) за истекший период наблюдения. Эти данные приводятся как для каждого отдельно взятого растения в правой части таблиц, так и для всей популяции в виде отдельной таблицы, которая выводится в верхней части веб-браузера при вызове функции.

Вспомогательные функции в ЭСУДО выполняют архивацию исходных данных, создают формулярызаготовки, трансформируют данные в XML и отсылают их пользователю по электронной почте. Они перечислены в диалоговом меню, которое также расположено под окном для ввода данных. Наиболее важные из них описаны ниже.

Функция для создания формуляра-заготовки формирует по требованию пользователя учётные данные одного выбранного дня. Данные от каждого соцветия помещаются в отдельную таблицу, внизу которой имеется пустой ряд. Последний предназначен для записи новых данных по этому соцветию в ходе следующего обследования репродуктивных состояний цветков в популяции. Имея на руках такой формуляр, исследователь может легко сопоставлять новые вводимые данные с уже имеющимися. При обнаружении логических ошибок в записях существует возможность в реальном времени непосредственно в популяции произвести повторный учёт данного цветка до окончательного внесения результата в формуляр.

Одна из вспомогательных функций переводит исходные данные в хорошо понятный универсальный XML документ. Для целей и задач ЭСУДО разработана простая и

удобная в употреблении иерархическая структура-дерево, которая позволяет легко трансформировать данные для любой другой системы. XML документ используется также для архивации и передачи данных пользователю (рис. 3).

Апробация ЭСУДО проходила под руководством доцента кафедры экологии ТвГУ Е.С. Пушай при изучении динамики опыления орхидных на территории Тверской обл. (Россия). В ней принимали активное участие студенты ТвГУ М.И. Хомутовский и И. В. Разумова, которые провели учёт репродуктивных состояний цветков по данной методике одновременно в нескольких популяциях. Полученные результаты представляют несомненный научный интерес и будут опубликованы в ближайшее время.

Общеизвестно, что использование компьютерных программ многократно повышает не только скорость обработки и анализа любой информации, но и её качество. Более того внедрение компьютерных технологий нередко открывает перед исследователями совершенно новые возможности в организации и управлении как исследовательских, так и учебных процессов. Рассмотрим теперь насколько верны выше перечисленные постулаты для ЭСУДО.

ЭСУДО обеспечивает максимально возможную скорость обработки и анализа данных. Она предоставляет исследователям уникальную возможность мгновенного получения текущих результатов в наглядной форме. Процент распустившихся, посещённых, опылённых и завядших цветков рассчитывается не только в целом по популяции, но и для каждого растения в отдельности. Фактически при помощи ЭСУДО можно вести реальный во времени мониторинг за процессами опыления. Это позволяет при обнаружении каких либо отклонений или аномалий в его протекании оперативно планировать и проводить дополнительные исследования для выявления причин этих отклонений. Например резкое падение в посещении цветков орхидных может быть обусловлено сменой фуражировочных предпочтений насекомых [1]. В этом случае необходимо обследовать популяцию и её окрестности на предмет распустившихся цветков других растений в радиусе средней дальности полёта насекомых от места исследования. При ручной обработке данных, которая проводится традиционно после окончания исследований, планирование подобных дополнительных исследований переносится на следующий год. К сожалению, аномальности в процессах, как правило, не повторяются ежегодно и исследователи вынуждены терпеливо ожидать следующей "счастливой" случайности и разумеется не упустить её вновь.

ЭСУДО обеспечивает фактически тотальный контроль за качеством вводимых данных на всех этапах исследования в ходе сбора информации, её введения в систему и при анализе результатов. Использование распечаток последних данных наблюдений по отдельным растениям в комбинации с заготовками для внесения последующих наблюдений не только повышает качество собираемой информации, но так же значительно облегчает и ускоряет её сбор. Это открывает возможность для увеличения изучаемой выборки, что повышает в свою очередь качество всей доказательной базы проводимого исследования. Интегрированная система контроля за ошибками и целевое указание пользователю о них в виде стандартных текстовых сообщений и разноцветной подкраски ошибочных участков данных максимально упрощает процесс исправления ошибок. Этому способствуют также такие технические решения как, возможность коррекции логических ошибок в пределах одного растения по данным из разных дней наблюдения. Она реализована в функции анализа отдельной популяции и производит одновременно исправления во всех необходимых файлах после нажатия одной кнопки "исправить логические ошибки для растения".

ЭСУДО имеет несомненно и научно-педагогическое значение. В ходе работы с этой системой студенты получают навыки работы с компьютером и интернетом. Они приобретают базовые представления о наиболее известных современных технологиях. Система позволяет преподавателю оперативно координировать и управлять одновременно несколькими студенческими научно-исследовательскими группами в независимости от степени их удалённости друг от друга. При использовании в системе



WAP протокола и мобильного телефона это будет возможно осуществлять практически из любой точки земного шара. Таким образом ЭСУДО являет собой новый качественный шаг в организации и проведении исследований по экологии опыления орхидных.

Автор выражает сердечную признательность и благодарность доценту кафедры экологии ТвГУ Е.С. Пушай и студентам ТвГУ М. И. Хомутовскому и И. В. Разумовой за апробацию ЭСУДО в ходе проведения ими популяционных исследований по динамике опыления орхидных в Тверской области и высказанные ценные замечания и пожелания по функциональному улучшению данной системы. Автор так же благодарен сотруднику Ботанического Сада, БИН РАН, (г. Санкт-Петербург), канд.биол.наук М.Н. Телеповой за плодотворную дискуссию и высказанные полезные советы и замечания в ходе написания данной работы.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лагутова О.И., Назаров В.В., Шевченко С.В. Семенное воспроизведение *Dactylorhiza romana* (Orchidaceae) в Крыму // Бот. журн. 1996. Т. 81. N 5. С. 56–69.
2. Назаров В.В. Репродуктивная биология орхидных Крыма: Дис. ... канд. биол. наук. СПб, 1995.
3. Ayasse M., Schiestl F.P., Paulus H.F., Löfstedt C., Hansson B., Ibarra F., Francke W. Evolution of reproductive strategies in the sexually deceptive orchid *Ophrys sphegodes*: how does flower-specific variation of odor signals influence reproductive success? // Evolution. 2000. V. 54. P. 1995–2006.
4. Borg-Karlson A.K., Bergström G., Kullenberg B. Chemical basis for the relationship between *Ophrys* orchids and their pollinators. // Chemica Scripta. 1987. V. 27. P. 303–311.
5. Darwin Ch. On the various contrivances by which British and foreign orchids are fertilized by insects. London, 1862.
6. Extensible Markup Language (XML) [Электронный ресурс]: W3C Recommendations about XML Specifications and Translations. US, [1994]. – Режим доступа: <http://www.w3.org/XML/>, свободный – Загл. с экрана. Яз. англ.
7. Faegri K., Pijl L., Van Der. Principles of Pollination Biology. New York, 1979.
8. Fritz A.-L. Floral evolution in deceitpollinated orchids. // Acta Univ. Ups., Comprehensive summaries of Uppsala dissertation from the faculty of science and technology. Uppsala, 1995. V. 158.
9. Nilsson L.A. The pollination ecology of *Dactylorhiza sambucina* (Orchidaceae). // Bot. Notiser. 1980. V. 133. P. 367–385.
10. Nilsson L.A. Anthecology of *Orchis mascula* (Orchidaceae). // Nord. J. Bot. 1983. V. 3, P. 157179.
11. Nilsson L.A. Processes of isolation and introgressive interplay between *Platanthera bifolia* (L.) Rich and *P. chlorantha* (Custer) Reichb. (Orchidaceae). // Bot. J. Linn. Society. 1983. V. 87, P. 325–350.
12. Nilsson L.A., Rabakonandrianina E. Hawkmoth scale analysis and pollination specialization in the epilithic Malagasy endemic *Aerangis ellisii* (Reichenb. fil.) Schltr. (Orchidaceae). // Botanical Journal of the Linnean Society. 1988. V. 97, P. 49–61.
13. Reproductive Biology of Orchids [Электронный ресурс]: международный некоммерческий Webпортал о репродуктивной биологии орхидных: база данных литературных ссылок содержит сведения о 700 оригинальных работ и монографиях по опылению орхидных; ред. и Webмастер Назаров В. – Германия, [2005]. – Режим доступа: <http://www.r-b-o.eu/>, свободный – Загл. с экрана. Яз. Англ.
14. Schiestl F., Ayasse M. Post mating odor in females of the solitary bee, *Andrena nigroaenea* (Apoidea, Andrenidae) inhibits male mating behavior. // Behav. Ecol. Sociobiol. 2001. V. 48. P. 303–307.

15. The Apache Software Foundation [Электронный ресурс]: The Apache Software Foundation provides support for the Apache community of opensource software projects. – US, [1995]. – Режим доступа: <http://apache.org/>, свободный – Загл. с экрана. – Яз. англ.

16. The Perl Foundation [Электронный ресурс]: The Perl Foundation is dedicated to the advancement of the Perl programming language through open discussion, collaboration, design, and code. – US, [1999]. – Режим доступа: <http://www.perlfoundation.org/>, свободный – Загл. с экрана. – Яз. англ.

## **ELECTRONIC SYSTEM OF DATA UNIFICATION ON THE POLLINATION DYNAMICS IN ORCHIDS**

**V. V. Nazarov**

ISVN, Germany

*Electronic system of data unification on the pollination dynamics in orchids (ESUDO) has been developed to improve the information management. A principle of separate registration of changes produced by insects in two halves of the anther and stigma is the basis of the methods of data registration. In ESUDO a total system of data verification has been realised at all stages of the investigation. The system is able to discover logical mistakes. The electronic system makes an automatic analysis of the percentage of the blossoming, visited, pollinated and fertilized flowers on the level of plant specimens as well as population. The ESUDO is developed on the basis of modern computer and internet technologies. It is always accessible in the internet. All this ensures high level of platform independence and accessibility. The system has already been approved successfully by the researchers and students of the Tver State University while investigating by them orchids on the territory of Tver region (Russia).*