

## ОПЫТ СОЗДАНИЯ БАЗЫ ДАННЫХ "БИОРАЗНООБРАЗИЕ ХВОЙНЫХ СИБИРИ"\*

© 2005 г. С. Г. Князева, Л. И. Милотин, Е. Н. Муратова,  
А. Я. Ларионова, Н. В. Яхнева, И. В. Тихонова

*Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН*

*660036 Красноярск, Академгородок*

*факс: (039) 49-46-25, e-mail: selection@forest.academ.ru*

*Поступила в редакцию 01.10.2004 г.*

Приведены результаты создания базы данных по внутривидовой систематике и полиморфизму видов хвойных растений - "Биоразнообразие хвойных Сибири". Описана общая структура, режимы работы базы данных, входящие в нее информационные блоки. Показаны новые возможности, которые открывают компьютерные технологии в области хранения, обработки и извлечения биологической информации.

*Биоразнообразие, хвойные, Сибирь, база данных.*

По современным представлениям, вид имеет сложную внутреннюю структуру и объединяет в себе целый комплекс соподчиненных таксонов. Концепция политипичности вида, возникшая еще в XIX в., получила свое развитие в работах многих зарубежных и отечественных исследователей [2, 3, 5-7, 9-11, 13 и др.]. Эта концепция привела не только к пересмотру и значительному сокращению числа описанных видов, но и способствовала формированию новой области биологических исследований, так называемой гамма-систематики, или внутривидовой систематики.

Оформилась внутривидовая систематика как самостоятельная наука в 40-х годах прошлого века. Ее целью явилось исследование внутривидовой изменчивости и популяционной структуры видов, что имеет большое теоретическое и практическое значение. Исследования изменчивости и полиморфизма видов тесно связаны с проблемами происхождения и эволюции видов, так как именно на уровне отдельных внутривидовых группировок происходят микроэволюционные преобразования и возникновение новых видов. С другой стороны, исследования политипичности видов являются основой для проведения селекционных работ по выявлению ценных по тем или иным признакам форм растений. Кроме того, они позволяют выявить генетические ресурсы видов, их состояние в природе и тем самым разработать адекватные меры по охране и рациональному использованию видов.

К настоящему времени дендросистематиками и селекционерами накоплен большой фактический материал по изменчивости и полиморфизму расте-

ний. Но, к сожалению, этот материал остается весьма эклектичным и часто малодоступным для широкого круга исследователей. Отсутствие четко разработанной системы понятий еще более усугубляет положение. Часто в статьях можно встретить описание одного и того же таксона, но под разными названиями, и наоборот, одно и то же название может использоваться для описания различных форм. Даже в видовых названиях растений обнаруживаются разночтения. Например, у хвойных это особенно касается лиственниц и можжевельников. По многим таксонам существуют разногласия, когда одни исследователи придают отдельным единицам ранг подвида или даже вида, другие - ранг разновидности, вариации. Рис. 1, а, б наглядно иллюстрируют это положение. На рис. 1, а отображено число синонимов 9 видов хвойных растений [1, 12] от видового ранга до ранга географических рас. Как можно заметить, виды, имеющие обширные ареалы и обладающие высокой экологической пластичностью (сосна обыкновенная, можжевельник обыкновенный, лиственница Гмелина), имеют большое число синонимов (около 70), в том числе и в ранге вида (около 20).

Рис. 1, б иллюстрирует общее число внутривидовых таксонов видов, найденных нами к настоящему моменту в статьях и монографиях по интересующей тематике, а также реальное число внутривидовых таксонов без учета синонимов. Таким образом, при критическом рассмотрении внутривидовых единиц их число можно сократить на 10-60%. Так, например, при описании формы кроны у сосны обыкновенной разными авторами используются такие названия, как овальная и эллиптическая, конусовидная и пирамидальная, колонновидная и цилиндрическая. По всей вероят-

\* Работа выполнена при финансовой поддержке интеграционного проекта СО РАН № 145 и проекта РАН 12.1 "Разработка научных основ мониторинга разнообразия лесов Сибири".

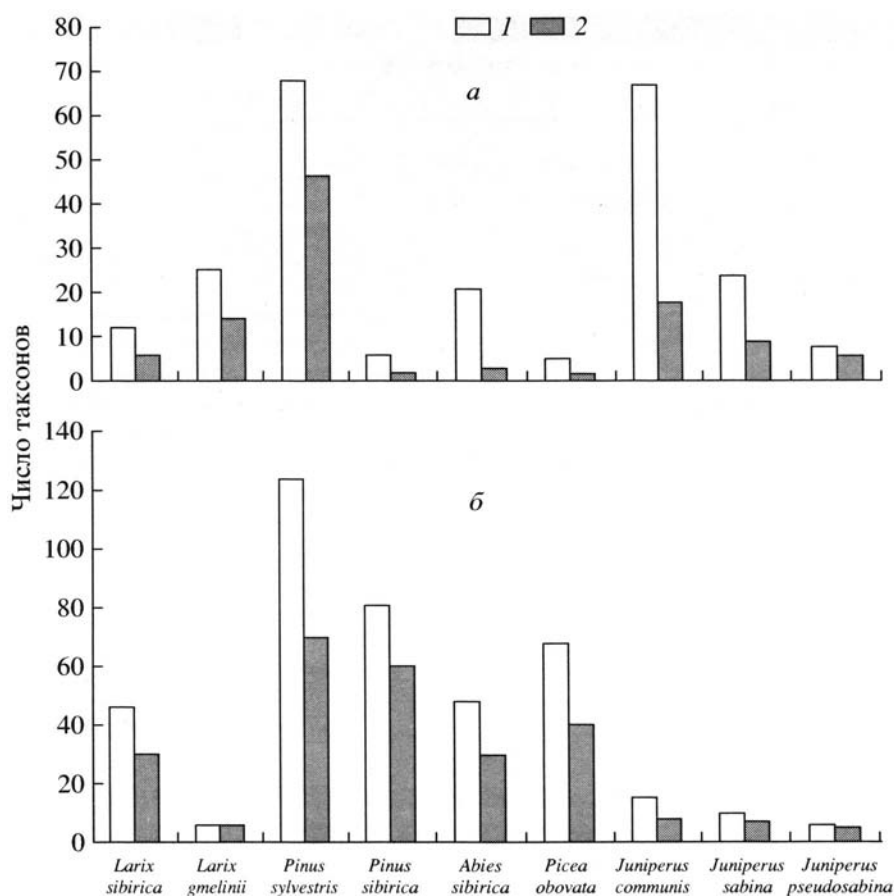


Рис. 1. Характеристика синонимии видов хвойных: а - согласно данным [1, 12] (общее число таксонов вида - 1, в том числе видового ранга - 2); б - по базе данных (общее число таксонов вида - 1, без учета синонимов - 2).

ности, эти шесть перечисленных форм можно объединить в три. Все это говорит о необходимости сведения воедино обширного материала по внутривидовой систематике видов растений и его обобщению и критической ревизии.

В лаборатории лесной генетики и селекции Института леса им. В.Н. Сукачева создается база данных "Биоразнообразие хвойных Сибири". Основной задачей этой базы данных является сбор и систематизация огромного количества информации о внутривидовых таксонах, полиморфизме и изменчивости видов хвойных растений Сибири, которая получена как методами морфологического анализа, так и методами биохимической генетики и кариологического анализа. В результате имеющаяся информация станет доступной для широкого круга исследователей и тем самым облегчит работу селекционерам по поиску и введению в культуру ценных форм хвойных растений, а также дендрологам и ботаникам, занимающимся изучением внутривидовой систематики древесных растений. Кроме того, база данных обеспечит надежное хранение информации, которая часто теряется с уходом сотрудников. Аналоги подобной базы данных нам не известны.

База данных создается с помощью СУБД Access 2000. В основу схемы базы данных положена систематическая иерархия: семейство - род - вид - внутривидовые таксоны. Структурированная информация хранится в электронных таблицах, которые связаны друг с другом ключевыми полями (база данных является реляционной). На основе таблиц создается пользовательское приложение, состоящее из форм, запросов и отчетов для пользователя, которое позволит работать с базой данных пользователю любого уровня подготовки.

База данных включает в себя два режима работы. Первый режим - это просмотр данных, второй - поиск нужной информации в базе. В первом случае пользователь просматривает всю базу данных, начиная с семейств, родов или видов и заканчивая первичными данными по отдельному пункту сбора или признаку. Во втором случае можно сразу получить интересующую информацию, набрав в диалоговом окне название вида или любого внутривидового таксона, название признака, региона.

База данных состоит из двух блоков информации. Блок "Описание видов" дает возможность

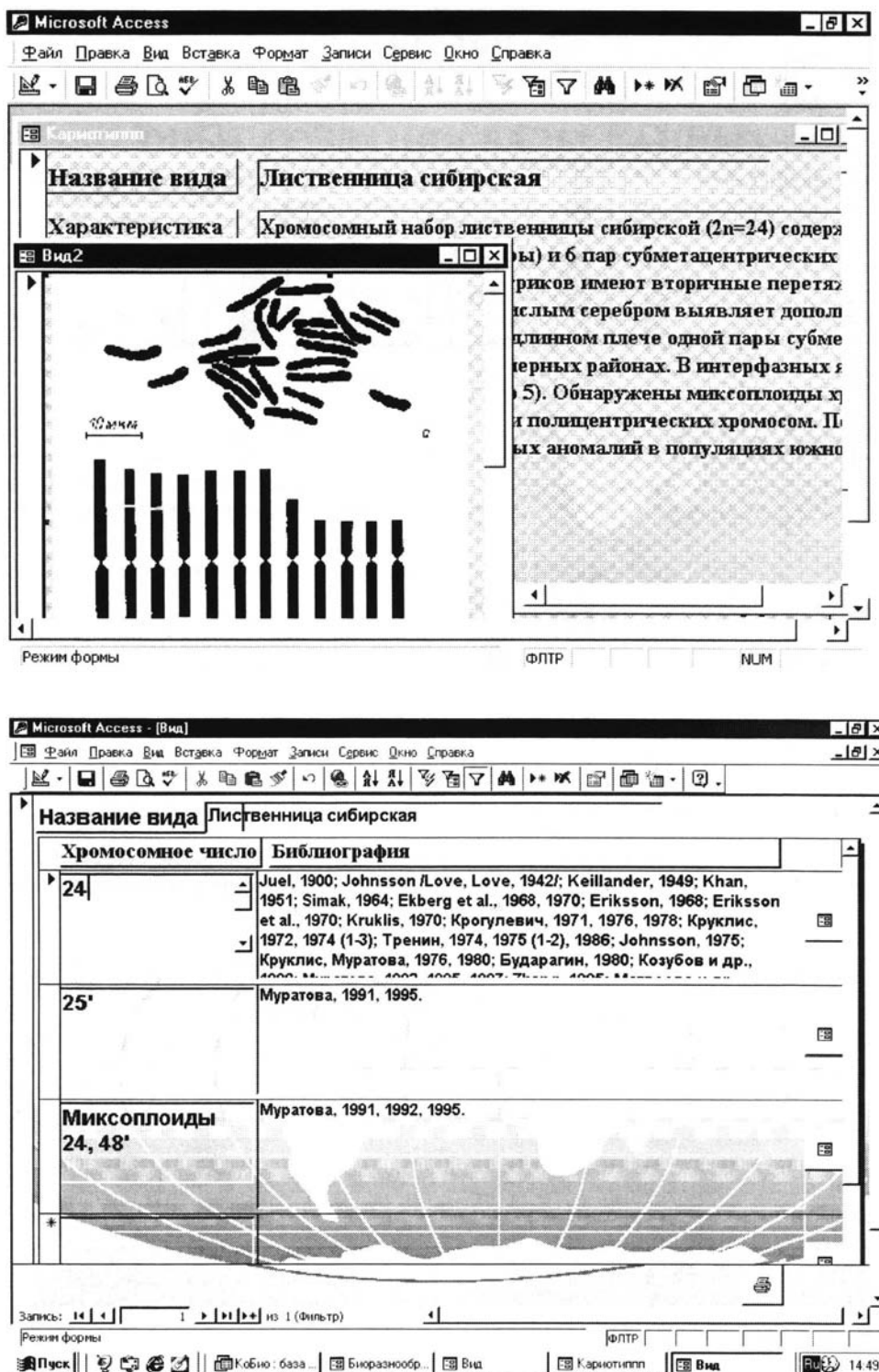


Рис. 2. Формы, содержащие информацию о карิโอ типе на примере лиственницы сибирской.

получить характеристику вида. Список синонимов видов содержит все синонимы видового и подвидового ранга. Дендрологическое описание включает информацию об особенностях габитуса и жизненного цикла растений с возможностью просмотра фотографий и рисунков. Описание

экологического и географического ареала содержит сведения о распространении видов, экологических особенностях и карту ареала. Информация о карิโอ типе, помимо общей характеристики кариоти па, включает данные по всем установленным числам хромосом ( $2n$ ) в порядке возрастания

The image shows two screenshots from a Microsoft Access database. The top screenshot displays a data table for the species 'Лиственица сибирская' (Siberian larch) at the collection point 'Богучаны'. The table lists various genetic diversity metrics:

Название вида	Лиственица сибирская		
Пункт сбора	N	Среднее	О признаках
Доля полиморфных локусов при 95%-ном критерии полиморфности	22	41,18	
Доля полиморфных локусов при 99%-ном критерии полиморфности	22	58,82	
Средняя ожидаемая гетерозиготность (He)	22	0,163	
Средняя наблюдаемая гетерозиготность (Ho)	22	0,174	
Среднее число аллелей на locus (A)	22	1,88	
Эффективное число аллелей (Ne)	22	1,35	

The bottom screenshot shows the 'Характеристика признака' (Trait Characteristic) form for the trait 'Доля полиморфных локусов при 95%-ном критерии полиморфности'. It includes a description of the measurement method and a table of enzymes and buffer systems used in the study.

**Характеристика признака**  
Доля полиморфных локусов при 95%-ном критерии полиморфности

**Схема измерения:** Показатель P рассчитывали путем деления числа полиморфных локусов на общее число исследуемых локусов.

**Единицы измерения:** В процентах от общего числа локусов

**Описание метода:** Материалом для исследования послужили семена, собранные с отдельных деревьев. У одного дерева в зависимости от генотипа исследовали от 10 до 60 семян. Исследования проводили методом горизонтального электрофореза в 1,3-1,4%-ом крахмальном геле. В каждой работе, для разделения гомогенатов мы использовали две буферные системы: 1 – трициклатный pH 6.2 [Adams, Joly, 1980], 2 – трициклатный pH 8.5 / LiOH - боратный pH 8.1 [Ridgway et al., 1970]. Составы гелевых и электродных буферов не отличались от рекомендуемых. Разделение в 1-ой системе проводилось при U = 180 V, I = 40 mA, во 2-ой – при U = 240 V, I = 40 mA в течение 4 часов. В таблицу приложены включенные в анализ ферменты и использованные для их электрофоретического разделения буферы.

**Таблица**  
Ферменты и буферные системы, используемые в работе

Ферменты	Аббревиатура	Кодовый №	Буферная система
Глюкозо-6-фосфатдегидрогеназа	G-6-PD	1.1.1.49.	I
6-Фосфоглюконатдегидрогеназа	6-PGD	1.1.1.44.	I
Изонитратдегидрогеназа	IDH	1.1.1.42.	I
Мальтадегидрогеназа	MDH	1.1.1.37.	I
Шикиматдегидрогеназа	SkDH	1.1.1.25.	I
Глутаматдегидрогеназа	GDH	1.4.2.3.	II

Рис. 3. Формы представления первичных данных и описания признаков и методов на примере признаков генетического полиморфизма.

и библиографию. Дополнительно можно просмотреть фотографии кариотипов, идиограмм видов (рис. 2). Информация о генетическом полиморфизме включает общую характеристику и список работ, касающихся этого вопроса (рис. 3).

Характеристика внутривидовых таксонов (подвиды, географические расы, климатические экотипы, эдафические экотипы, морфологические, фенологические, биохимические и декоративные формы, половые типы) содержит назва-

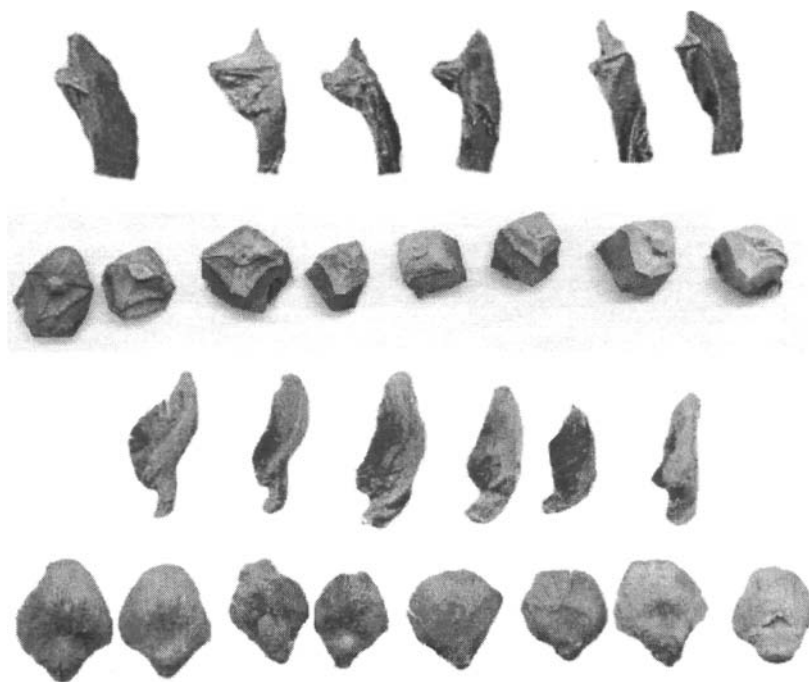


Рис. 4. Формы семенных чешуй сосны обыкновенной (Минусинский бор) и лиственницы сибирской (географические культуры дендрария Института леса).

ние таксона, его морфологическое описание и селекционно-лесоводственную характеристику, а также список авторов, в чьих работах описывается или исследуется данный внутривидовой таксон (с возможностью просмотра самих работ). Для каждого внутривидового таксона указывается ареал и/или географические координаты пунктов сбора, что позволит осуществлять по географическим данным поиск сведений о таксонах и уровнях полиморфизма и изменчивости того или иного вида, а также, наоборот, определить район встречаемости и координаты для любой интересующей формы (внутривидового таксона).

Также в блок "Описание видов" входит информация о географических культурах и плантациях видов, где помимо данных об авторах, годе, происхождении и местах закладки культур, дается информация о предпосевной обработке семян, сохранности, особенностях роста и семеношения, а также библиография работ по этой тематике.

Второй большой блок - "Первичные данные" - содержит информацию о конкретных популяциях видов. Ее можно разбить на три раздела. Первый раздел - характеристика пунктов сбора первичного материала - включает в себя название пункта сбора материала, координаты, природно-климатическую характеристику и другие сведения. Второй раздел - описание исследованных признаков - содержит схему измерения и используемые методики (рис. 3). Для облегчения поиска информации все признаки разбиты на группы: морфологические (количественные и качественные), анатомические, кариологические, биохимические, генетические, таксационные. Третий раздел содержит статистические показатели конкретных признаков в конкретных пунктах сбора - значения среднего арифметического и других статистических показателей изменчивости, если таковые имеются.

Одной из сложностей, с которой мы столкнулись при создании базы, является тот факт, что многие признаки имеют несколько градаций, причем разными авторами часто используется неодинаковая терминология для их обозначения. Так, например, М.В. Круклис, Л.И. Милютин [4]

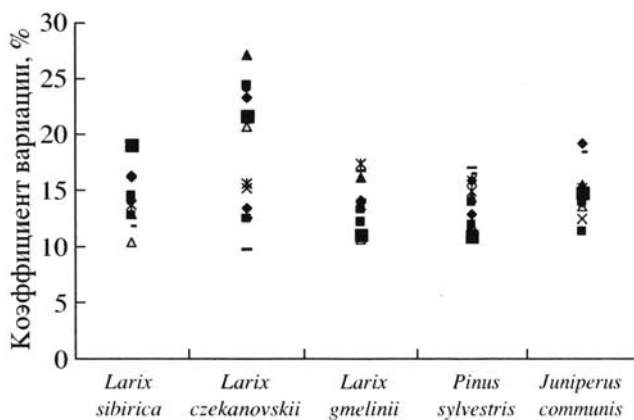


Рис. 5. Изменчивость длины хвои в популяциях хвойных растений.

для характеристики конфигурации плоскости чешуи шишек лиственницы используют градации: для конфигурации плоскости чешуи - ложковидная, волнистая, отвороченная, прямая, а для формы верхнего края - округлая, прямая, выемчатая. В.П. Путенихин и Г.Г. Фарушкина [8] используют иные термины: типично-ложковидная, выпукло-ложковидная, отогнуто-ложковидная, уплощенно-ложковидная и отогнутая, а формы верхнего края чешуи - овальная, треугольная, узкоовальная, трапециевидная, прямоугольная, широкоовальная, выемчатая. Нами предпринимается попытка унифицировать и по возможности визуализировать шкалы признаков. Для этого образцы чешуй шишек сканируются, обрабатываются в Adobe Photoshop 6.0 и заносятся в банк данных (рис. 4). Затем выделяются отдельные градации признака (цвет, форма, опушенность и др.), которым дается название, и описываются все известные синонимы данной градации. Общая наполненность базы данных на текущий момент: 13 видов и более 400 внутривидовых таксонов, 150 популяций из разных пунктов сбора и около 500 ссылок.

Разработанная на основе предопределенных запросов система поиска позволяет быстро и легко находить необходимую информацию. Как уже было сказано выше, система поиска позволяет получить всю имеющуюся в базе информацию о конкретном интересующем исследователя внутривидовом таксоне, относящуюся к какому-то определенному району Сибири или к географическим координатам. Поиск можно также осуществлять по любому выбранному признаку. При этом полученные данные могут быть обработаны статистически и при необходимости построены графики. Рис. 5 показывает разброс коэффициентов вариации длины хвои у пяти видов хвойных и хорошо иллюстрирует одну из главных закономерностей изменчивости, а именно признакоспецифичность. Лишь лиственница Чекановского отличается более высокими уровнями изменчивости данного признака, что объясняется ее гибридным происхождением.

Таким образом, база данных позволит оценить степень изученности каждого вида и даст возмож-

ность произвести оценку биоразнообразия хвойных, произрастающих в Сибири. Это, с одной стороны, будет способствовать сохранению и воспроизводству наиболее ценных форм хвойных растений и тем самым сохранению генетических ресурсов видов, а с другой - будет стимулировать развитие и усовершенствование внутривидовой систематики видов, что является необходимым условием успешного изучения биоразнообразия растений.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бобров Е.Г.* Лесообразующие хвойные СССР. Л.: Наука, 1978. 189 с.
2. *Вавилов Н.И.* Линнеевский вид как система // Тр. по прикладной ботанике, генетике и селекции. 1931. Т. 2. Вып. 3. С. 85-107.
3. *Глотов Н.В.* Популяция как естественно-историческая структура // Генетика и эволюция природных популяций. Махачкала: Даг. фил. АН СССР, 1978. Вып. 1. С. 17-25.
4. *Круклис М.В., Милютин Л.И.* Лиственница Чекановского. М.: Наука, 1977. 212 с.
5. *Майр Э.* Популяции, виды и эволюция. М.: Мир, 1974. 460 с.
6. *Мамаев С.А.* Формы внутривидовой изменчивости древесных растений. М.: Наука, 1972. 284 с.
7. *Новоженков Ю.И.* Популяционная структура и политипическая емкость вида // Экология. 1983. № 2. С. 3-8.
8. *Путенихин В.П., Фарушкина Г.Г.* Внутривидовая фенотипическая изменчивость лиственницы Сукачева на Урале // Лесоведение. 2004. № 1. С. 38-47.
9. *Семериков Л.Ф.* Популяционная структура древесных растений (на примере видов дуба европейской части СССР и Кавказа). М.: Наука, 1986. 140 с.
10. *Тимофеев-Ресовский Н.В., Воронцов Н.Н., Яблоков А.В.* Краткий очерк теории эволюции. М.: Наука, 1969. 300 с.
11. *Яблоков А.В.* Фенетика: эволюция, популяция, признак. М.: Наука, 1980. 136 с.
12. *Farjon A.* World checklist and bibliography of Conifers. Kew: Royal Botanic Gardens, 2001. 309 p.
13. *Regel E.* Bemerkungen über die Gattungen Betula und Alnus neben Beschreibung einigen neuer Arten // Bull. Soc. Natur. Mosquae. 1865. V. 38. № 4. S. 386-434.

## An Experience of Developing the "Biodiversity of Siberian Conifers" Database

S. G. Knyazeva, L. I. Milyutin, E. N. Muratova,  
A. Ya. Larionova, N. V. Yakhneva, and I. V. Tikhonova

The results of developing the database on intraspecific taxonomy and polymorphism of coniferous species - "Biodiversity of Siberian Conifers" - are presented. The database is found on the taxonomic hierarchy: family - genus - species - intraspecific taxa. The structured information is kept in electronic tables that are related to each other by key fields. An application consisting of forms, queries, and reports was developed for users. It allows users of any level of training to work with the database. Presently, the database includes the information on 13 species, more than 400 intraspecific taxa, 150 populations from different sites, and about 500 references.